

# BT

Informatieboek voor  
natuurwetenschappen

7<sup>e</sup> editie

HAVO/VWO

# N

# a



Noordhoff

Door het CvTE toegestaan bij  
de centrale examens biologie,  
natuurkunde en scheikunde.

**NVON**

NEDERLANDSE VERENIGING  
VOOR HET ONDERWIJS IN DE  
NATUURWETENSCHAPPEN

# S



***BINAS***

De 7e editie van *Binas* is door het CvTE toegestaan bij de centrale examens natuurkunde, scheikunde en biologie, voor havo en voor vwo.

De inhoudelijke verantwoordelijkheid berust bij de *Binas*-commissie (havo/vwo) van de NVON.



# ***BINAS*** havo / vwo

Informatieboek havo / vwo voor het onderwijs  
in de natuurwetenschappen

Samengesteld door een NVON-commissie

ir. R.E.A. Bouwens

drs. W. Kranendonk

ir. J.P. van Lune

drs. C.M. Prop - van den Berg

drs. J.A.M.H. van Riswick

drs. J.J. Westra

zevende editie

Noordhoff Uitgevers Groningen

Opmaak: Interlink Consultants, Oud-Beijerland  
Ontwerp omslag en binnenwerk: Dorèl en anderen, Groningen  
Technisch tekenwerk: Interlink Consultants, Oud-Beijerland  
Illustratie tabel 90C uit: *Het menselijk lichaam*, Tony Smith, uitgeverij Davidsfonds/Leuven

Fotoverantwoording:

Shutterstock: Tabel 29 2e t/m 7e foto  
J.A.M.H. van Riswick: Tabel 29 1e foto  
new economy.eco: basis voor Tabel 97  
Dr. R.G.M. de Goede: Tabel 93E3

*Bij het ontwikkelen van dit informatieboek is bij het kleurgebruik rekening gehouden met kleurzienstoornissen. Het is desondanks mogelijk dat kandidaten bij het gebruik van dit informatiemateriaal van hun beperking hinder ondervinden. In de door het College voor Examens vastgestelde regeling toegestane hulpmiddelen is beschreven hoe de school bij de afname van de centrale examens daarmee dient om te gaan.*

© Noordhoff Uitgevers bv, Groningen/Houten, The Netherlands

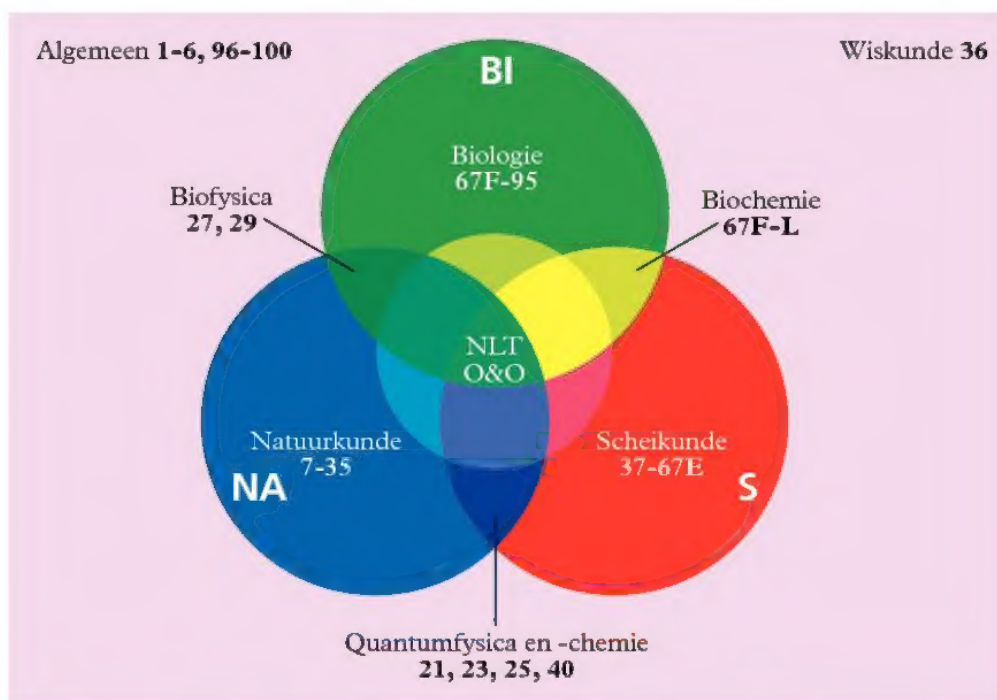
Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische vervoelvoudingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.reprorecht.nl](http://www.reprorecht.nl)). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.stichting-pro.nl](http://www.stichting-pro.nl)).

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission of the publisher.*

ISBN 9789001007249

Voor je ligt de zevende druk van *Binas*, een informatieboek voor onderwijs in de natuurwetenschappen. Deze uitgave kan gebruikt worden in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs bij de vakken natuurkunde, scheikunde, biologie, algemene natuurwetenschappen, natuur, leven en technologie en onderzoeken en ontwerpen. Het gebruik is vanaf 2025 voor havo en vanaf 2026 voor vwo toegestaan bij centrale examens natuurkunde, scheikunde en biologie havo en vwo.

Bij de herziening is de opzet van de zesde druk zo weinig mogelijk aangetast. De indeling en nummering van de tabellen is zo veel mogelijk gehandhaafd. In overeenstemming met de huidige stand van de wetenschap en met de actuele eindexamenprogramma's zijn (gedeelten van) tabellen verbeterd, vervallen of toegevoegd. Daarnaast heeft de redactie tot uitdrukking willen brengen dat de natuurwetenschappelijke monovakken zich steeds meer in samenhang ontwikkelen en onderwezen worden. In onderstaand venndiagram zie je welke tabellen in monovakken, dan wel in overlapgebieden thuishoren. De basiskleuren blauw, rood en groen zijn bij de tabellen nog steeds voor de monovakken natuurkunde, scheikunde en biologie gehanteerd. Bij tabellen in de overlap komt het venndiagram in miniatuur terug.



De redactie van de zevende druk heeft haar werk gebaseerd op eerdere uitgaven van *Binas*, die tot stand zijn gebracht door drs. J.H.M. Beerens, drs. G.A.M. Hafkenscheid, drs. A.I. Jansen, A. de Lange, drs. C.W. Stam, drs. W. Kranendonk, drs. F.J. van der Puijl, drs. J.L. Sikkema, drs. P.A.M. de Groot, drs. J.J. Westra, drs. L.M. Wevers-Prijs en dr. M.J. Vogelesang. Speciale dank gaat uit naar drs. J.B. Broens, die aan de 2e tot en met 5e druk heeft meegewerkt en naar dr. G. Verkerk, die de redactiecommissie van de 1e tot en met de 5e druk heeft voorgezeten.

Op de website van *Binas* [www.binas.noordhoff.nl](http://www.binas.noordhoff.nl) tref je meer informatie aan.

Via deze website kun je ook opmerkingen omtrent deze uitgave naar de redactiecommissie sturen.

*De redactiecommissie*

# Inhoud

## Algemeen

- 1 Grieks alfabet
- 2 Vermenigvuldigingsfactoren
- 3 Basisgrootheden en grondeenheden in het SI
- 4 Grootheden en eenheden in het SI
- 5 Omrekenfactoren van eenheden
- 6 Machten van tien
  - A *Massa*
  - B *Tijd*
  - C *Temperatuur*
  - D *Energie*

## Natuurkunde

- 7 Waarden van enige constanten
  - A *Natuurconstanten*
  - B *Massa en energie*
  - C *Planck-eenheden*
- 8 Gegevens van metalen
- 9 Gegevens van alliages
- 10 Gegevens van vaste stoffen
  - A *Fysische eigenschappen*
  - B *Materiaaleigenschappen*
- 11 Gegevens van vloeistoffen
- 12 Gegevens van gasen en dampen
- 13 Verzendingsdrukken
  - A *Water*
  - B *Koolstofdioxide, propaan, butaan, ether, alcohol en water*
- 14 Kook- en sublimatiepunten
- 15 Geluid
  - A *Voortplantingssnelheden*
  - B *Absorptiecoëfficiënten*
  - C *Muziek*
  - D *Akoestische schaal voor de mens*
- 16 Elektriciteit en magnetisme
  - A *Relatieve diëlektrische constanten*
  - B *Soorten magnetisme*
  - C *Halfgeleiders en supergeleiders*
  - D *Thermo-elektriciteit*
- 17 Elektrotechniek
  - A *Kleurcodes*
  - B *Elektrotechnische symbolen*
  - C *Digitale schakelingen*
- 18 Brekingsindices
- 19 Elektromagnetisch spectrum
  - A *Zichtbaar licht*
  - B *Algemeen overzicht*
- 20 Spectraalplaat
- 21 Atoomfysica
  - A *Waterstof*
  - B *Helium*
  - C *Ionisatie-energieën*
  - D *Plasma's*
- 22 Planck-krommen
- 23 Quantummechanica
- 24 Foto-elektrisch effect
- 25 Isotopen
  - A *Isotopentabel*
  - B *Isotopenkaart*
- 26 Bouw en structuur van de materie
  - A *Elementaire deeltjes*
  - B *Wisselwerkingsdeeltjes*
  - C *Hadronen, samengesteld uit quarks*
- 27 Biofysica
  - A *Zicht*
  - B *Huid en ultraviolet, verblijftijd in de zon*
  - C *Gehoor*
  - D *Radioactiviteit*
- 28 Fysica en milieu
  - A *Luchtweerstandcoëfficiënten*
  - B *Stookwaarden*
  - C *Lichtabsorptie in water*
  - D *Gebruikelijke U-waarden van bouwelementen*
  - E *Warmtegeleidingscoëfficiënten van bouw- en isolatiematerialen*
  - F *Halveringsdikten*
- 29 Medische beeldvorming
- 30 De aarde
  - A *Schaal van aardbevingen*
  - B *Gravitatieversnelling*
  - C *Schaal van windsnelheden*
  - D *Symbolen weerkunde*
  - E *Absorptie van elektromagnetische straling in de atmosfeer*
  - F *De atmosfeer van de aarde*
- 31 Zonnestelsel
- 32 Gegevens van sterren
  - A *Sterrenkaart*
  - B *Sterren*
  - C *De zon*
  - D *De Melkweg*
  - E *De lokale groep*
  - F *Andere clusters van sterrenstelsels*
  - G *Exoplaneten*
  - H *De oerknal en de evolutie van het heelal*



- 33 Hertzsprung-Russell-diagram
- 34 Samenstelling
- 35 Natuurkundeformules
- A *Mechanica*

- B *Trillingen, golven en optica*
- C *Vloeistoffen, gassen en warmteleer*
- D *Elektriciteit en magnetisme*
- E *Overige onderwerpen*

## Wiskunde

- 36 Wiskundeformules:
- A *Verbanden*
- B *Lengte, oppervlakte en volume*
- C *Vierkantsvergelijking*
- D *Machten en logaritmen*

- E *Cirkel, ellips, hyperbool, parabool*
- F *Differentiëren en integreren*
- G *Goniometrie*
- H *Rijen en reeksen*
- I *Wiskundige notaties*

## Scheikunde

- 37 Scheikundeformules
- A *Reactiesnelheid*
- B *Chemisch evenwicht*
- C *Thermodynamica*
- D *Elektrochemie*
- E *Spectrometrie*
- F *Chromatografie*
- G *Een aantal basisrelaties*
- H *Groene chemie*
- I *Zuurtegraad*
- 38 Scheikundige symbolen
- A *Symbolen en eenheden*
- B *Industriële chemie*
- 39 Spectrometrie
- A *UV-VIS-spectrometrie*
- B *NMR-spectrometrie*
- C *IR-spectrometrie*
- D *Massaspectrometrie*
- 40 Elementen
- A *Gegevens*
- B *Ontdekking, herkomst naam en natuurlijk voorkomen*
- 41 Molaire iongeleidbaarheden
- 42 Smelt- en kookpunten
- A *Anorganische verbindingen*
- B *Organische verbindingen*
- 43 Dichtheden en molariteiten
- A *Veel gebruikte oplossingen*
- B *Handelsoptlossingen*
- 44 Oplosbaarheid van gassen
- A *Gassen in water*
- B *Zuurstof in chloridehoudend water*
- 45 Oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen
- A *Zouten in water: schematisch overzicht*
- B *Zouten in water: kwantitatieve gegevens*
- C *In verschillende oplosmiddelen*
- 46 Oplosbaarheidsproducten
- 47 Dissociatieconstanten van complexe ionen
- 48 Standaardelektrodepotentialen
- 49 Zuur- en baseconstanten

- 50 Ionisatieconstanten van zuivere vloeistoffen
- A *Water bij verschillende temperaturen*
- B *Andere vloeistoffen*
- 51 Evenwichtsconstanten van gasreacties
- 52 Indicatoren
- A *Zuur-base-indicatoren*
- B *Redoxindicatoren*
- 53 Gegevens van bindingen
- A *Bindingslengten*
- B *Bindingshoeken*
- 54 Reactiemechanismen
- A *Nucleofiele substitutie volgens  $S_N2$*
- B *Nucleofiele substitutie volgens  $S_N1$*
- C *Elektrofiele aromatische substitutie  $S_EAr$*
- D *Eliminatiereactie volgens  $E2$*
- E *Eliminatiereactie volgens  $E1$*
- F *Elektrofiele additie*
- 55 Dipoolmomenten
- A *Anorganische stoffen*
- B *Organische stoffen*
- 56 Verbrandingswarmten
- 57 Vormingswarmten
- A *Anorganische stoffen*
- B *Organische stoffen*
- 58 Bindingsenergieën
- 59 Sublimatie- en verdampingswarmten
- A *Vaste stoffen*
- B *Vloeistoffen*
- 60 Roosterenergieën
- 61 Hydratatie-energieën
- 62 Ionisatie-energieën en elektronenaffiniteiten
- A *Ionisatie-energieën*
- B *Elektronenaffiniteiten*
- 63 Absolute entropieën
- A *Elementen*
- B *Anorganische stoffen*
- C *Organische stoffen*
- 64 Chemie en milieu
- A *Gemiddelde samenstelling van onvervuild zeewater*
- B *Verbranding in lucht*

- 65** Eigenschappen van chemicaliën
  - A** *Vlamkleuringen*
  - B** *Kleuren van chemicaliën*
- 66** Naamgeving chemische stoffen
  - A** *Triviale namen*
  - B** *Enkele formules en hun namen*
  - C** *Numerieke voorvoegsels*
  - D** *Enkele regels voor de systematische naamgeving van organische verbindingen*
  - E** *Macromoleculaire materialen en ISO-code*

- F** *Nomenclatuur bij copolymeren*
- G** *Enkele regels voor de IUPAC-naamgeving van anorganische entiteiten*
- 67** Structuurformules en structuren
  - A** *Macromoleculaire materialen*
  - B** *Nieuwe materialen*
  - C** *Hardheidsschaal van Mohs*
  - D** *Kristalstructuren*
  - E** *Allotropie bij koolstof*

## Biologie

- 67** Structuurformules en structuren
  - F** *Sachariden, koolhydraten*
  - G** *Vetten, vetzuren en fosfolipiden*
  - H** *Aminozuren en eiwitten*
  - I** *Heem, fotopigmenten*
  - J** *Ureum*
  - K** *Hormonen van de mens*
  - L** *Transmitters en dragers*
- 68** Dissimilatie
  - A** *Overzicht dissimilatie van glucose*
  - B** *Glycolyse en gisting*
  - C** *Citroenzuurcyclus*
  - D** *Oxidatieve fosforylering, ademhalingsketen*
  - E** *Dissimilatie van eiwitten, koolhydraten en vetten*
- 69** Fotosynthese
  - A** *Overzicht fotosynthese, koolstofassimilatie*
  - B** *Lichtreactie*
  - C** *Donkerreactie, calvincyclus*
  - D** *Chemosynthese*
- 70** Chromosomen van de mens
  - A** *Structuur van een chromosoom*
  - B** *Karyogram*
  - C** *Bandenpatroon*
  - D** *Genlocaties*
- 71** DNA/RNA
  - A** *Nucleïnebasen, structuurformules*
  - B** *Basenkoppels*
  - C** *Bouw van DNA en RNA*
  - D** *Schema replicatie*
  - E** *Transcriptie en translatie*
  - F** *Schema regeling transcriptie*
  - G** *Genetische code*
  - H** *Introns en exons*
  - I** *DNA-reparatie*
  - J** *Schema translatie, eiwitsynthese*
  - K** *RNA*
  - L** *Apoptose*
  - M** *DNA-techniek*
- 72** Absorptiespectra van enkele fotopigmenten
- 73** Papierchromatografie met bladpigmenten
- 74** pH-traject van enkele lichaamsvloeistoffen
- 75** Osmotische waarden
- 76** Celdeling
  - A** *Celcyclus*

- B** *Mitose en meiose*
- 77** Virussen
  - A** *Enkele virusvormen*
  - B** *Indeling van virussen bij dieren naar type nucleïnezuur*
  - C** *Cyclus HIV-virus*
  - D** *Cyclus DNA-virus*
- 78** De vier rijken
- 79** Cellen
  - A** *Bacteriecel*
  - B** *Plantaardige cel*
  - C** *Dierlijke cel*
  - D** *Enkele organellen van de cel*
- 80** Dierlijke weefsels
  - A** *Stamcellen*
  - B** *Dekweefsel*
  - C** *Steunweefsel*
  - D** *Bindweefsel*
  - E** *Spierweefsel*
- 81** Plantaardige weefsels
  - A** *Dekweefsel*
  - B** *Deekweefsel*
  - C** *Parenchym*
  - D** *Steunweefsel*
  - E** *Transportweefsel*
- 82** Voeding en vertering
  - A** *Vitaminen*
  - B** *E-nummers*
  - C** *Verteringsorganen*
  - D** *Leverlobje*
  - E** *Verteringsenzymen*
  - F** *Samenstelling verteringssappen*
  - G** *Vertering*
- 83** Ademhaling
  - A** *Longen*
  - B** *Respirogram*
  - C** *Samenstelling gassen in lucht en bloed*
  - D** *Zuurstofverzadigingsdiagrammen*
  - E** *Transport van gassen in het bloed*
- 84** Bloed en bloedsomloop
  - A** *Bloedsomloop volwassene*
  - B** *Bloedsomloop foetus*
  - C** *Hart en bloedvaten*
  - D** *Werking van het hart*

- E *Bloeddruk*
- F *Bloedverdeling over de organen*
- G *Vorming weefselvloeistof*
- H *Samenstelling van bloed*
- I *Bloedcellen; ontwikkeling*
- J *Afweer*
- K *Antistoffen*
- L *Immuniteit*
- M *Allergische reacties*
- N *Lymfevaten en lymfoïde organen*
- O *Bloedsolling*
- 85 **Uitscheiding**
  - A *Nieren*
  - B *Samenstelling bloedplasma en urine*
  - C *Concentratieveranderingen in een niereenheid, nefron*
  - D *Osmoregulatie*
- 86 **Voortplanting**
  - A *Geslachtsorganen man*
  - B *Geslachtsorganen vrouw*
  - C *Menstruatiecyclus*
  - D *Oögenese en spermatogenese*
  - E *Bevruchting en ontwikkeling*
- 87 **Zintuigen**
  - A *Huid*
  - B *Warmteregulatie*
  - C *Oog*
  - D *Oor en evenwicht*
- 88 **Zenuwstelsel**
  - A *Zenuwcellen*
  - B *Indelingen zenuwstelsel*
  - C *Anatomie van de hersenen*
  - D *Ionenvverdeling bij rustpotentialiaal*
  - E *Werking kalium-natriumpomp*
  - F *Uitwisseling  $K^+$  en  $Na^+$  door celmembraan bij actiepotentialiaal*
  - G *Bouw en werking synaps*
  - H *Aanmaak en afbraak van acetylcholine*
  - I *Neurotransmitters*
  - J *Schema van het ruggenmerg*
  - K *Kniepeesreflex*
  - L *Autonoom zenuwstelsel*
- 89 **Hormoonstelsel**
  - A *Hormonen van de mens*
  - B *Werkingsmechanismen van hormonen in cellen*
  - C *Hormonen en hun terugkoppeling*
- 90 **Beweging en coördinatie**
  - A *Energiebronnen van een spier bij lichte training*
  - B *Langzame en snelle spiervezels*
  - C *Motorische eenheden van een dwarsgestreepte spier*
  - D *Skelet*
- 91 **De anatomie van de plant en haar voeding**
  - A *Blad*
  - B *Wortel*
  - C *Stengel*
  - D *Plantenvoedingsstoffen, nutriënten*
- 92 **Systematiek**
  - A *Afstamming*
  - B *Diversiteit*
- 93 **Ecologie**
  - A *Energiestroom*
  - B *Ecosysteem*
  - C *Eilandtheorie van McArthur en Wilson*
  - D *Populaties*
  - E *Stabiliteit en verandering*
  - F *Koolstofkringloop*
  - G *Stikstofkringloop*
- 94 **Evolutie**
  - A *Geologische tijdrekening*
  - B *Mens en mensachtigen*
  - C *Endosymbiosetheorie van Margulis*
  - D *Antibiotica*
  - E *Prionen*
- 95 **ADI-waarden**
  - A *Contaminanten*
  - B *Additieven*

## Algemeen

- 96 **Veiligheid en milieu**
  - A *Gevaarlijke chemicaliën*
  - B *Gevarenklassen in GHS*
  - C *Waarschuwborden*
  - D *Recycleersymbolen*
  - E *Gevarenaanduidingen en voorzorgsmaatregelen*
- 97 **Groene chemie**
  - A *Uitgangspunten en begrippen*
  - B *Schaarste van elementen*
  - C *Recyclepercentage van een aantal metalen*
  - D *Impact productie metalen op klimaatverandering*
  - E *Impact productie metalen op terrestrische verzuring*
  - F *Impact productie metalen op zoetwatereutrofiëring*
  - G *Impact productie metalen op menselijke gezondheid*
  - H *Impact productie bouwmaterialen*
- REGISTER
- 98 **Molaire massa's van veel gebruikte stoffen**
- 99 **Periodiek systeem der elementen**
- 100 **Afstandsschaal in de natuurwetenschappen**



1

<i>naam</i>	<i>groot</i>	<i>klein</i>
alfa	A	$\alpha$
bèta	B	$\beta$
gamma	$\Gamma$	$\gamma$
delta	$\Delta$	$\delta$
epsilon	E	$\varepsilon$
zeta	Z	$\zeta$
eta	H	$\eta$
theta	$\Theta$	$\theta, \vartheta$

<i>naam</i>	<i>groot</i>	<i>klein</i>
iota	I	ι
kappa	K	κ
labda	Λ	λ
mu	M	μ
nu	N	ν
xi	Ξ	ξ
omikron	O	ο
pi	Π	π

<i>naam</i>	<i>groot</i>	<i>klein</i>
rho	$\rho$	$\rho$
sigma	$\Sigma$	$\sigma, \varsigma$
tau	$\tau$	$\tau$
upsilon	$\Upsilon$	$\upsilon$
fi	$\Phi$	$\phi$
chi	$\chi$	$\chi$
psi	$\Psi$	$\psi$
omega	$\Omega$	$\omega$

<i>factor</i>	<i>factor</i>	<i>naam</i>	<i>symbool</i>	<i>Nederlandse naam</i>
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>30</sup>	quecca	Q	quintiljoen ▶
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>27</sup>	ronna	R	quadriljard
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>24</sup>	yotta	Y	quadriljoen ▶
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>21</sup>	zetta	Z	triljard
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>18</sup>	exa	E	triljoen ▶
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>15</sup>	peta	P	biljard
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>12</sup>	tera	T	biljoen ▶
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>9</sup>	giga	G	miljard
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>6</sup>	mega	M	miljoen
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>3</sup>	kilo	k	duizend
100 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>2</sup>	hecto	h	honderd
10 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10	deca	da	tien
1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	1	-	-	een
0,1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-1</sup>	deci	d	tiende
0,01 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-2</sup>	centi	c	honderdste
0,001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-3</sup>	milli	m	duizendste
0,000 001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-6</sup>	micro	μ	miljoenste
0,000 000 001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-9</sup>	nano	n	miljardste
0,000 000 000 001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-12</sup>	pico	p	biljoenste ▶
0,000 000 000 000 001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-15</sup>	femto	f	biljardste
0,000 000 000 000 000 001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-18</sup>	atto	a	triljoenste ▶
0,000 000 000 000 000 000 001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-21</sup>	zepto	z	triljardste
0,000 000 000 000 000 000 000 001 000 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-24</sup>	yocto	y	quadriljoenste ▶
0,000 000 000 000 000 000 000 000 001 000 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-27</sup>	ronto	r	quadriljardste
0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 001 000 000 000 000 000 000 000	10 <sup>-30</sup>	quecto	q	quintiljoenste ▶

► In Amerikaanse literatuur betekent het woord 'billion'  $10^9$ , 'trillion'  $10^{12}$ , 'quadrillion'  $10^{15}$  enz.

De SI-eenheden zijn opnieuw gedefinieerd met ingang van 20 mei 2019.

Er wordt uitgegaan van vaste waarden van de zeven natuurconstanten

$h$ ,  $c$ ,  $\Delta\nu$ ,  $e$ ,  $k_B$ ,  $N_A$  en  $K_{cd}$ .

De meeteenheden kg, m, s, A, K, mol en cd zijn daar een numeriek veelvoud van.



*basisgrootheden*      *grondeenheden*

massa       $m$       kilogram      kg  
Het kilogram wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ kg} \equiv 1 \text{ J s}^2 \text{ m}^{-2}$

lengte       $l$       meter      m  
De meter wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ m} \equiv \frac{1}{2,997\,924\,58 \cdot 10^8} \cdot c \text{ s}$   
Hierin is  $c$  de lichtsnelheid.

tijd       $t$       seconde      s  
De seconde wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ s} \equiv 9\,192\,631\,770 \cdot \frac{1}{\Delta\nu}$

Hierin is  $\Delta\nu$  de frequentie van de straling ontstaan bij de overgang tussen de twee hyperfijn niveaus van de grondtoestand van het atoom cesium-133 (13<sup>e</sup> CGPM-1967, Rés. 1).

stroomsterkte       $I$       ampère      A  
De ampère wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ A} \equiv \frac{1}{1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}} \cdot e \text{ s}^{-1}$   
Hierin is  $e$  het elementair ladingsquantum.

temperatuur       $T$       kelvin      K  
De kelvin wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ K} \equiv 1,380\,649 \cdot 10^{-23} \cdot \frac{1}{k_B} \text{ J}$   
Hierin is  $k_B$  de constante van Boltzmann.

hoeveelheid stof       $n$       mol      mol  
De mol wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ mol} \equiv 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23} \cdot \frac{1}{N_A}$   
Hierin is  $N_A$  de constante van Avogadro.

lichtsterkte       $I$       candela      cd  
De candela wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ cd} \equiv \frac{K_{cd}}{683} \text{ J s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$   
De candela is de lichtsterkte in een gegeven richting, van een bron die monochromatische straling met een frequentie van  $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$  uitzendt en waarvan de stralingssterkte in die richting  $\frac{1}{683} \text{ J s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$  is.

*aanvullende grootheden en eenheden*

vlakke hoek       $\alpha$       radiaal      rad

De radiaal is de hoek tussen twee stralen van een cirkel die op de omtrek een boog afsnijden waarvan de lengte gelijk is aan de straal.

ruimtehoek       $\Omega$       steradiaal      sr

De steradiaal is de ruimtehoek die, wanneer zijn top samenvalt met het middelpunt van een bol, op die bol een oppervlakte uitsnijdt gelijk aan die van een vierkant met de straal van die bol als zijde.

► Hierin is gebruik gemaakt van onderstaande tussenberekening.

De joule, die zelf geen grondeenheid is, wordt gedefinieerd door:  $1 \text{ J} \equiv \frac{1}{6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}} \cdot h \text{ s}^{-1}$   
Hierin is  $h$  de constante van Planck.

<i>grootheid</i>	<i>symbool</i>	<i>eenheid</i>	<i>symbool</i>
aantal neutronen (in de kern)	$N$	–	–
aantal nucleonen	$A$	–	–
aantal protonen (in de kern)	$Z$	–	–
aantal windingen (spoel)	$N$	–	–
activiteit (radioactiviteit)	$A$	becquerel	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
afstand	$l, a, b, \Delta x, s$	meter	m
amplitudo	$A, r$	meter	m
arbeid	$W$	joule	$\text{J} = \text{Nm}$
arm	$r$	meter	m
atoommassa (relatieve)	$A_r$	atomaire massa-eenheid	u
atoomnummer	$Z$	–	–
beeldafstand	$b$	meter	m
beeldgrootte	$B, BB'$	meter	m
brandpuntsafstand	$f$	meter	m
brekingsindex	$n$	–	–
bronspanning	$U_{\text{bron}}$	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
capaciteit accu, batterij	$It$	ampère seconde, ampère uur	$\text{As} (= \text{C}), \text{Ah}$
capaciteit condensator	$C$	farad	$\text{F} = \text{C V}^{-1}$
concentratie	$c$	mol per kubieke meter	$\text{mol m}^{-3}$
debiet, volumestroom	$Q$	kubieke meter per seconde	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
dempingscoëfficiënt	$\delta$	per meter	$\text{m}^{-1}$
diameter	$d$	meter	m
dichtheid	$\rho$	kilogram per kubieke meter	$\text{kg m}^{-3}$
diëlektrische constante (permittiviteit)	$\epsilon$	farad per meter	$\text{F m}^{-1}$
doorsnede	$A$	vierkante meter	$\text{m}^2$
dosis geabsorbeerde ioniserende straling	$D$	gray	$\text{Gy} = \text{J kg}^{-1}$
dosisequivalent, dosislímiet	$H$	sievert	$\text{Sv} = \text{J kg}^{-1}$
dosisequivalenttempo	$\dot{H}$	sievert per seconde	$\text{Sv s}^{-1}$
dosistempo	$\dot{D}$	gray per seconde	$\text{Gy s}^{-1}$
druk	$p$	pascal	$\text{Pa} = \text{N m}^{-2}$
elasticiteitsmodulus	$E$	newton per vierkante meter	$\text{N m}^{-2}$
elektrisch dipoolmoment	$p$	coulomb meter	$\text{C m}$
elektrische lading	$q, Q$	coulomb	$\text{C} = \text{A s}$
elektrische potentiaal	$V$	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
elektrische spanning	$U, \Delta V$	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
elektrische stroomsterkte	$I$	ampère	$\text{A} = \text{C s}^{-1}$
elektrische veldsterkte	$E, \mathcal{E}$	newton per coulomb	$\text{N C}^{-1} = \text{V m}^{-1}$
elektrochemisch equivalent	$A$	kilogram per coulomb	$\text{kg C}^{-1} = \text{kg A}^{-1} \text{s}^{-1}$
energie	$E$	joule	$\text{J} = \text{Nm}$
enthalpie	$H$	joule	$\text{J} = \text{Nm}$
entropie	$S$	joule per kelvin	$\text{J K}^{-1}$
fase	$\varphi$	–	–
frequentie	$f, \nu$	hertz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
geleiding, geleidbaarheid (elektrisch)	$G$	siemens	$\text{S} = \Omega^{-1}$
geluiddrukkniveau	$L_p$	(deci)bel	(d)B
geluidintensiteitsniveau	$L_I$	(deci)bel	(d)B
gewicht	$G, F_{\text{gew}}$	newton	N
golflengte	$\lambda$	meter	m
gravitatieversnelling	$g$	meter per secondekwadraat	$\text{m s}^{-2}$
grenshoek	$g$	graad	°
halveringsdikte	$d_{1/2}$	meter	m
halveringstijd	$t_{1/2}, \tau$	seconde	s
hoek (ruimte-)	$\Omega$	steradiaal	sr
hoek (vlakke)	$\alpha, \beta, \dots, \varphi, \dots$	radiaal, graad	rad

<i>grootheid</i>	<i>symbol</i>	<i>eenheid</i>	<i>symbol</i>
hoeksnelheid	$\omega$	radiaal per seconde	$\text{rad s}^{-1}$
hoekversnelling	$\alpha$	radiaal per secondekwadraat	$\text{rad s}^{-2}$
hoeveelheid beweging	$p$	kilogram meter per seconde	$\text{kg m s}^{-1}$
hoeveelheid stof	$n$	mol	mol
impedantie	$Z$	ohm	$\Omega$
impuls	$p$	kilogram meter per seconde	$\text{kg m s}^{-1}$
impulsmoment	$b, L$	kilogram meterkwadraat per seconde	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$
inhoud	$V$	kubieke meter	$\text{m}^3$
intensiteit (deeltjesbundel)	$I$	per seconde per vierkante meter	$\text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$
intensiteit (geluid-, licht-)	$I$	watt per vierkante meter	$\text{W m}^{-2}$
koppel	$T$	newton meter	$\text{N m}$
kracht	$F$	newton	$\text{N} = \text{kg m s}^{-2}$
krachtstoot	$S$	newton seconde	$\text{N s} = \text{kg m s}^{-1}$
kubieke uitzettingscoëfficiënt	$\gamma$	per kelvin	$\text{K}^{-1}$
lading	$q, Q$	coulomb	$\text{C} = \text{A s}$
ladingsdichtheid (vlak)	$\sigma$	coulomb per vierkante meter	$\text{C m}^{-2}$
lengte	$l$	meter	$\text{m}$
lenssterkte	$S$	dioptrie	$\text{dpt} = \text{m}^{-1}$
lichtsterkte	$I$	candela	$\text{cd}$
lichtstroom	$\Phi$	lumen	$\text{lm} = \text{cd sr}$
lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha$	per kelvin	$\text{K}^{-1}$
lineieke massa van textielvezels en garens	$\rho_l$	kilogram per meter	$\text{kg m}^{-1}$
luchtweerstandcoëfficiënt	$C_w$	—	—
luminantie (oppervlaktehelderheid)	$B, L$	candela per vierkante meter	$\text{nit} = \text{cd m}^{-2}$
magnetisatie	$M$	ampère per meter	$\text{A m}^{-1}$
magnetische flux	$\Phi$	weber	$\text{Wb} = \text{V s}$
magnetische veldsterkte (fluxdichtheid)	$B$	tesla	$\text{T} = \text{Wb m}^{-2}$
magnetische permeabiliteit	$\mu$	henry per meter	$\text{H m}^{-1}$
massa	$m$	kilogram	$\text{kg}$
massagetal	$A$	—	—
molair(e) ...	—	per mol	$\text{mol}^{-1}$
moment (koppel)	$T$	newton meter	$\text{N m}$
moment (kracht)	$M$	newton meter	$\text{N m}$
numerieke apertuur	$A$	—	—
nuttig effect	$\eta$	—, procent	—, %
nuttig effect (lichtrendement)	$\eta_L$	lumen per watt	$\text{lm W}^{-1}$
omloopfrequentie	$f$	hertz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
omlooptijd	$T$	seconde	$\text{s}$
oppervlakte	$A$	vierkante meter	$\text{m}^2$
oppervlaktespanning	$\sigma$	newton per meter	$\text{N m}^{-1}$
periode (tijd)	$T$	seconde	$\text{s}$
plaats	$x$	meter	$\text{m}$
potentiaal, potentiaalverschil	$V, \Delta V$	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
radioactiviteit	$A$	becquerel	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
rendement	$\eta$	—	—
restitutiecoëfficiënt	$\epsilon$	—	—
rotatiesnelheid	$\omega$	radiaal per seconde	$\text{rad s}^{-1}$
ruimtehoek	$\Omega$	steradiaal	$\text{sr}$
schuifspanning	$\sigma$	newton per vierkante meter	$\text{N m}^{-2}$
snelheid	$v$	meter per seconde	$\text{m s}^{-1}$
schuifwrijvingscoëfficiënt	$\mu, f$	—	—
soortelijke warmte	$c$	joule per kilogram kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
soortelijke warmte bij constant volume	$c_V$	joule per kilogram kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
	$C_V$	joule per mol kelvin	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$



<i>grootheid</i>	<i>symbool</i>	<i>eenheid</i>	<i>symbool</i>
soortelijke warmte bij constante druk	$c_p$	joule per kilogram kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
	$C_p$	joule per mol kelvin	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
soortelijke weerstand	$\rho$	ohm meter	$\Omega \text{ m}$
spanning (elektrische)	$U$	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
spanning (mechanische)	$\sigma$	newton per vierkante meter	$\text{N m}^{-2}$
sterkte van brekend oppervlak, lens	$S$	dioptrie	$\text{dpt} = \text{m}^{-1}$
stookwaarde	$r_m$	joule per kilogram of	$\text{J kg}^{-1}$
	$r_v$	joule per kubieke meter	$\text{J m}^{-3}$
stoot	$S$	newton seconde	$\text{N s} = \text{kg m s}^{-1}$
straal	$r, R$	meter	$\text{m}$
stralingsweegfactor	$w_R$	sievert per gray	$\text{Sv Gy}^{-1}$
stroomdichtheid	$J$	ampère per vierkante meter	$\text{A m}^{-2}$
stroomsterkte	$I$	ampère	$\text{A}$
temperatuur	$T$	kelvin	$\text{K}$
tijd	$t$	seconde	$\text{s}$
tijdconstante	$\tau$	seconde	$\text{s}$
torsieconstante	$\kappa$	newton meter per radiaal	$\text{N m rad}^{-1}$
traagheidsmoment (massa-)	$I, J$	kilogram meterkwadraat	$\text{kg m}^2$
tralieconstante	$d$	meter	$\text{m}$
treksterkte	$\sigma$	newton per vierkante meter	$\text{N m}^{-2}$
trillingstijd	$T$	seconde	$\text{s}$
uitwijking, uitrekking	$u$	meter	$\text{m}$
veerconstante	$C$	newton per meter	$\text{N m}^{-1}$
vergroting (lineaire)	$N$	—	—
verlichtingssterkte	$E$	lux	$\text{lx} = \text{lm m}^{-2}$
vermogen	$P$	watt	$\text{W} = \text{J s}^{-1}$
verplaatsing	$\Delta x, s$	meter	$\text{m}$
versnelling	$a$	meter per secondekwadraat	$\text{m s}^{-2}$
vervalconstante (radioactief)	$\lambda$	per seconde	$\text{s}^{-1}$
verzwakkingscoëfficiënt	$\alpha, \mu$	per meter	$\text{m}^{-1}$
viscositeit (dynamisch)	$\eta$	newton seconde per vierkante meter	$\text{N s m}^{-2}$
viscositeit (kinematisch)	$\nu$	meterkwadraat per seconde	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$
volume	$V$	kubieke meter	$\text{m}^3$
volumestroom	$Q$	kubieke meter per seconde	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
voortplantingssnelheid van geluid	$v_a$	meter per seconde	$\text{m s}^{-1}$
voortplantingssnelheid van licht	$c$	meter per seconde	$\text{m s}^{-1}$
voorwerpsafstand	$v$	meter	$\text{m}$
voorwerpsgrootte	$V, VV'$	meter	$\text{m}$
vrije energie	$F$	joule	$\text{J}$
vrije enthalpie	$G$	joule	$\text{J}$
waarschijnlijkheid	$W, P$	—	—
warmte (hoeveelheid)	$Q$	joule	$\text{J}$
warmtecapaciteit	$C$	joule per kelvin	$\text{J K}^{-1}$
warmtedoorgangscoefficiënt	$\mu, U$	watt per vierkante meter kelvin	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
warmtegeleidingscoëfficiënt	$\lambda, k$	watt per meter kelvin	$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$
warmteoverdrachtscoëfficiënt	$\alpha, \alpha_e, \alpha_i$	watt per vierkante meter kelvin	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
warmtestroom	$\Phi, P$	watt	$\text{W}$
warmtestroomdichtheid	$q$	watt per vierkante meter	$\text{W m}^{-2}$
wederzijdse inductie	$M$	henry	$\text{H} = \text{J A}^{-2}$
weegfactor radioactieve straling	$w_R$	sievert per gray	$\text{Sv Gy}^{-1}$
weerstand	$R$	ohm	$\Omega = \text{V A}^{-1}$
weerstandstemperatuurcoëfficiënt	$\alpha$	per kelvin	$\text{K}^{-1}$
wrijvingscoëfficiënt (schuiven)	$\mu, f$	—	—
zelfinductie	$L$	henry	$\text{H} = \text{J A}^{-2}$

eenheid	symbool en omrekeningsfactor	grootheid	status ▶
are	a = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	oppervlakte (van grond)	b
astronomische eenheid	au = 149 597 870 700 m	afstand	b
atmosfeer	atm = 1,013 25 · 10 <sup>5</sup> Pa	druk	v
atomaire massa-eenheid	u = 1,660 539 066 60 · 10 <sup>-27</sup> kg	massa	b
bar	bar = 10 <sup>5</sup> Pa	druk	b
barn	b = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>	werkzame doorsnede	b
calorie	cal = 4,184 J	energie	v
centimeter kwikdruk	cm Hg = 1,333 22 · 10 <sup>3</sup> Pa	druk	v
centimeter waterdruk	cm H <sub>2</sub> O = 9,806 65 · 10 <sup>1</sup> Pa	druk	v
curie	Ci = 3,7 · 10 <sup>10</sup> Bq	(radio-)activiteit	v
dag	d = 86 400 s	tijd	b
dalton	u = 1,660 539 066 60 · 10 <sup>-27</sup> kg	massa	v
decibel	dB = 10 <sup>-1</sup> , B	geluidniveau	b
denier	Td = 1,111 · 10 <sup>-7</sup> kg m <sup>-1</sup>	massa per lengte-eenheid	v
Duitse hardheidsgraad	D° ≐ 10 mg CaO per liter	waterhardheid	v
elektronvolt (energie)	eV = 1,602 176 634 · 10 <sup>-19</sup> J	energie	b
elektronvolt (temperatuur)	eV = 1,160 451 81 · 10 <sup>-4</sup> k <sub>B</sub> K	temperatuur	b
foon	Ph = dB (bij 1000 Hz)	geluidniveau	b
foot	ft, vt = 3,048 · 10 <sup>-1</sup> m (= 12 in)	lengte of afstand	v
gallon (US)	3,785 411 784 · 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>	volume of inhoud	v
gauss	G = 10 <sup>-4</sup> T	magnetische inductie	v
gon (decimale graad)	gon (gra); gon = $\frac{\pi}{200}$ rad	vlakke hoek	b
graad (hoek)	° (deg); ° = $\frac{\pi}{180}$ rad	vlakke hoek	b
graad Celsius	°C = K	temperatuurverschil	b
graad Fahrenheit	°F = 5,556 · 10 <sup>-1</sup> K	temperatuurverschil	v
inch	in = 2,54 · 10 <sup>-2</sup> m (= $\frac{1}{12}$ ft)	lengte of afstand	v
jaar	y = 3,15 · 10 <sup>7</sup> s	tijd	b
karaat of metrieckaraat	Kt (ct) = 2 · 10 <sup>-4</sup> kg kt = $\frac{1}{24}$ deel	massa bij parels en edelstenen goudgehalte	b
kilowattuur	kWh = 3,6 · 10 <sup>6</sup> J	energie	b
knoop	0,514 44 m s <sup>-1</sup>	snelheid	v
lichtjaar	9,461 · 10 <sup>15</sup> m	lengte of afstand	v
liter	L = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>	volume of inhoud	b
micron	μ = 10 <sup>-6</sup> m	lengte of afstand	v
mijl (land)	1,609 344 · 10 <sup>3</sup> m (exact)	lengte of afstand	v
mijl (zee)	1,852 · 10 <sup>3</sup> m (exact)	lengte of afstand	v
millimeter kwik	mm Hg = 1,333 22 · 10 <sup>2</sup> Pa	(fysiologische) druk	b
minuut (hoek)	' = $\frac{\pi}{10 800}$ rad	vlakke hoek	b
minuut (tijd)	min = 60 s	tijd	b
ons	10 <sup>-1</sup> kg	massa	v
paardenkracht (hp)	pk = 7,457 · 10 <sup>2</sup> W	(motor-)vermogen	v
paardenkracht (CV)	pk = 7,354 99 · 10 <sup>2</sup> W	(motor-)vermogen	v
parsec	pc = 3,085 68 · 10 <sup>16</sup> m	lengte of afstand	v
pascal	Pa = Nm <sup>-2</sup>	druk	b
pond	5 · 10 <sup>-1</sup> kg	massa	v
pound (avdp)	lb = 4,535 923 7 · 10 <sup>-1</sup> kg	massa	v
pound per square inch	psi (= lbf in <sup>-2</sup> ) = 6,89 · 10 <sup>3</sup> Pa	druk	v
rad	rad = 10 <sup>-2</sup> Gy	dosis radioactieve straling	v
rem	rem = 10 <sup>-2</sup> Sv	dosisequivalent	v
rpm, omwentelingen per minuut	rpm = 1,047 2 · 10 <sup>-1</sup> rad s <sup>-1</sup>	hoeksneldheid, toerental	v
rutherford	Rd = 10 <sup>6</sup> Bq	(radio-)activiteit	v
seconde (hoek)	" = $\frac{\pi}{648 000}$ rad	vlakke hoek	b
tex	tex = 10 <sup>-6</sup> kg m <sup>-1</sup>	massa per lengte-eenheid	b
ton	t = 10 <sup>3</sup> kg	massa	b
torr (mm kwikdruk)	Torr = 1,333 22 · 10 <sup>2</sup> Pa	druk	v
uur	h = 3600 s	tijd	b
var	var = W	vermogen (reactief)	b
voet	ft = 3,048 · 10 <sup>-1</sup> m (= 12 in, exact)	lengte of afstand	v
voltampère	VA = W	vermogen (schijnbaar)	b
yard	yd = 9,144 · 10 <sup>-1</sup> m (= 3 ft, exact)	lengte of afstand	v

▶ b = blijvend erkende eenheid; v = verboden eenheid

## Machten van tien

### Massa

massa (soms gemiddelde, rust-) in kg

$< 10^{-37}$	neutrino
$9,1 \cdot 10^{-31}$	elektron
$1,7 \cdot 10^{-27}$	neutron, proton, waterstofatoom, u
$2,0 \cdot 10^{-26}$	koolstofatoom
$3,3 \cdot 10^{-25}$	goudatoom
$3 \cdot 10^{-22}$	zetmeelmolecuul
$9,5 \cdot 10^{-21}$	kleinste virus
$9 \cdot 10^{-14}$	rode bloedcel
$10^{-13}$	bacterie
$10^{-11}$	cel menselijk lichaam
$2,2 \cdot 10^{-8}$	planckmassa
$7,5 \cdot 10^{-7}$	fruitvliegje
$2 \cdot 10^{-6}$	regendruppel
$1,5 \cdot 10^{-4}$	huisvlieg
$2,5 \cdot 10^{-3}$	kolibrie
$3,5 \cdot 10^{-2}$	huismus
$1,1 \cdot 10^{-1}$	merel
$1,5 \cdot 10^0$	kip, fazant
$7,0 \cdot 10^1$	mens
$1,8 \cdot 10^2$	edelhert, leeuw, zeeleeuw
$7,0 \cdot 10^2$	auto
$3,5 \cdot 10^3$	(Indische) olifant

$1 \cdot 10^5$	treinstel (sprinter SGM-0)
$1,4 \cdot 10^5$	vliegtuig (Boeing 747-400)
$1,5 \cdot 10^5$	blauwe vinvis
$7 \cdot 10^7$	groot passagiersschip
$5 \cdot 10^{15}$	biomassa
$5 \cdot 10^{18}$	atmosfeer van de aarde
$1,5 \cdot 10^{21}$	water op aarde
$7,4 \cdot 10^{22}$	maan
$3,2 \cdot 10^{23}$	Mercurius
$6,0 \cdot 10^{24}$	aarde
$8,7 \cdot 10^{25}$	Uranus
$1,0 \cdot 10^{26}$	Neptunus
$1,9 \cdot 10^{27}$	Jupiter
$2 \cdot 10^{29}$	Proxima Centauri
$2,0 \cdot 10^{30}$	zon
$4,6 \cdot 10^{31}$	Rigel
$3 \cdot 10^{39}$	Kleine Magellaanse Wolk
$2 \cdot 10^{40}$	Grote Magellaanse Wolk
$4 \cdot 10^{41}$	Melkwegstelsel
$6 \cdot 10^{41}$	Andromedanevel
$10^{53}$	heelal

tijd (soms ... geleden, leeftijd) in s

$5,4 \cdot 10^{-44}$	plancktijd
tot $10^{-43}$	na oerknal, quantumeffecten domineren
tot $10^{-35}$	na oerknal, unifiserende theorie, daarna inflatie
$10^{-24}$ - $10^{-20}$	periode gammastraling
$10^{-20}$ - $10^{-17}$	periode röntgenstraling
$10^{-16}$	periode ultraviolet
$2 \cdot 10^{-15}$	periode zichtbaar licht
$10^{-14}$ - $10^{-12}$	periode infrarood
$8 \cdot 10^{-11}$	gem. levensduur positief sigmadeeltje
$10^{-10}$	periode radiogolven (SHF)
$2,6 \cdot 10^{-8}$	gemiddelde levensduur positief pion
$5 \cdot 10^{-5}$	periode hoogst hoorbare toon
$10^{-4}$	periode radiogolven (VLF)
$2 \cdot 10^{-3}$	periode gehuid (stem)
$3 \cdot 10^{-3}$	periode vleugelslag mug
$2,0 \cdot 10^{-2}$	periode netspanning
$9 \cdot 10^{-1}$	periode hartslag mens
$2 \cdot 10^0$	periode slinger (lengte 1,0 m)
$6,0 \cdot 10^1$	minuut
$5,0 \cdot 10^2$	reistijd licht zon-aarde
$3,6 \cdot 10^3$	uur

$8,6 \cdot 10^4$	rotatieperiode aarde, dag
$6,9 \cdot 10^5$	halveringstijd $^{131}\text{I}$
$1,8 \cdot 10^6$	draagtijd huismus
$2,4 \cdot 10^6$	omwentelingsperiode maan
$2,4 \cdot 10^7$	draagtijd mens
$3,2 \cdot 10^7$	omwentelingsperiode aarde, jaar
$1,4 \cdot 10^8$	reistijd licht vanaf dichtstbijzijnde ster
$5,7 \cdot 10^8$	maximale levensduur hond
$2,4 \cdot 10^9$	periode komeet van Halley
$3,3 \cdot 10^9$	maximale levensduur mens
$1,3 \cdot 10^{10}$	Leidse universiteit
$1,6 \cdot 10^{11}$	eerste (Sumerische) geschriften
$1,8 \cdot 10^{11}$	halveringstijd $^{14}\text{C}$
$3 \cdot 10^{12}$	Homo sapiens
$5 \cdot 10^{13}$	Homo erectus
$8 \cdot 10^{13}$	Homo habilis
$4 \cdot 10^{14}$	ontwikkeling zoogdieren, apen
$7,1 \cdot 10^{15}$	begin Mesozoïcum
$1,4 \cdot 10^{16}$	fossielen
$1,2 \cdot 10^{17}$	oudste fossielen, micro-organismen
$1,5 \cdot 10^{17}$	aarde
$4,3 \cdot 10^{17}$	heelal



## temperatuur in K

$10^{-7}$	laagst bereikte in verdunde gassen (Bose-Einstein)
$10^{-5}$	laagst bereikte in vaste stof
$10^{-3}$	$^3\text{He}$ superfluïde
$1,5 \cdot 10^{-2}$	sprongpunt supergeleiding wolfram
$8,7 \cdot 10^{-1}$	sprongpunt supergeleiding zink
$2,2 \cdot 10^0$	$^4\text{He}$ superfluïde
$2,7 \cdot 10^0$	heelal
$4,2 \cdot 10^0$	kookpunt He
$5,2 \cdot 10^0$	kritieke temperatuur He
$1,4 \cdot 10^1$	smeltpunt waterstof
$2,0 \cdot 10^1$	kookpunt waterstof
$2,3 \cdot 10^1$	sprongpunt supergeleiding Nb <sub>3</sub> Ge
$3,3 \cdot 10^1$	kritieke temperatuur waterstof
$5,3 \cdot 10^1$	gem. oppervlaktetemperatuur Pluto
$7,7 \cdot 10^1$	kookpunt stikstof
$9,0 \cdot 10^1$	kookpunt zuurstof, sprongpunt supergeleiding YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-x</sub>
$1,5 \cdot 10^2$	kritieke temperatuur zuurstof
$2,7 \cdot 10^2$	vriespunt water
$3,0 \cdot 10^2$	gemiddelde oppervlaktetemperatuur aarde

$3,1 \cdot 10^2$	lichaamstemperatuur mens
$3,7 \cdot 10^2$	kookpunt water
$6,0 \cdot 10^2$	smeltpunt lood
$8,6 \cdot 10^2$	curiepunt magnetiet (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )
$9,3 \cdot 10^2$	smeltpunt aluminium
$1,3 \cdot 10^3$	smeltpunt goud
$3,1 \cdot 10^3$	kookpunt goud
$3,3 \cdot 10^3$	effectieve temperatuur Betelgeuze
$3,7 \cdot 10^3$	smeltpunt wolfram
$4 \cdot 10^3$	middelpunt aarde
$5,8 \cdot 10^3$	effectieve temperatuur zon
$1,2 \cdot 10^4$	elektronentemperatuur in TL-buis
$1,3 \cdot 10^4$	effectieve temperatuur Rigel A
$10^5$	lasercutting
$10^6$	tokamakplasma
$1,4 \cdot 10^7$	middelpunt zon
$10^8$	centrum H-bom
$10^9$	heetste ster
$10^{10}$	spontane vorming elektronen
$10^{13}$	spontane vorming protonen en neutronen

## energie in J

$3 \cdot 10^{-31}$	kin. en. van molecuul bij allerlaagst bereikte temperatuur ( $1,5 \cdot 10^{-8}$ K)
$4,4 \cdot 10^{-21}$	kin. en. molecuul (20 °C)
$1 \cdot 10^{-20}$	chemische reactie van 1 atoom
$4 \cdot 10^{-19}$	foton van groen licht
$2,2 \cdot 10^{-18}$	binding waterstofatoom in H <sub>2</sub>
$8 \cdot 10^{-14}$	massa-equivalent van het elektron
$4,6 \cdot 10^{-12}$	bindingsenergie $^4\text{He}$ -kern
$3,2 \cdot 10^{-11}$	splijtingsenergie van een $^{235}\text{U}$ -atoom
$1,5 \cdot 10^{-10}$	massa-equivalent neutron of proton
$2,7 \cdot 10^{-8}$	kin. en. wijngaardslak (4,8 m h <sup>-1</sup> )
$1,6 \cdot 10^{-7}$	kin. en. van een vliegende mug
$2,2 \cdot 10^{-6}$	proton Large Hadron Collider (CERN)
$1 \cdot 10^0$	wrijvingsloos 102 gram 1,00 m optillen
$1,5 \cdot 10^2$	kin. en. snelst geserveerde tennisbal
$1,4 \cdot 10^3$	zonnestraling op aarde op 1 m <sup>2</sup> in 1 s
$4,2 \cdot 10^3$	1 kg water 1 °C opwarmen
$1,7 \cdot 10^4$	metabolisme: opbrengst 1 gram suiker
$3,3 \cdot 10^4$	verbruikte energie 1 minuut fietsen
$3,33 \cdot 10^5$	1 kg ijs smelten
$3,9 \cdot 10^5$	kin. en. auto (1000 kg) bij 100 km h <sup>-1</sup>
$2,26 \cdot 10^6$	1 liter kokend water verdampen
$3,6 \cdot 10^6$	energieverlies in een dag door een ruit van 1 m <sup>2</sup> (20 °C verschil)

$1,8 \cdot 10^7$	1 kg hout verbranden
$3,5 \cdot 10^7$	1 liter benzine verbranden
$6 \cdot 10^8$	kernfusie van 1 mg deuterium
$1 \cdot 10^9$	bliksem
$2,6 \cdot 10^9$	kin. en. vliegtuig (Airbus 320)
$4,2 \cdot 10^9$	explosie-energie van 1 ton TNT
$1,3 \cdot 10^{10}$	verlies per jaar door een ruit van 1 m <sup>2</sup> (20 °C verschil)
$7 \cdot 10^{10}$	jaarverbruik auto (USA, 2000)
$6 \cdot 10^{13}$	kernbom op Hiroshima
$1 \cdot 10^{16}$	Meteor Crater-inslag (Arizona)
$1 \cdot 10^{17}$	vulkanuitbarsting Krakatau (1883)
$5 \cdot 10^{17}$	waterstofbom (100 megaton TNT)
$1,3 \cdot 10^{19}$	totale elektrische energie geproduceerd in de USA in 2001
$1,3 \cdot 10^{20}$	aardbeving in de Indische Oceaan (2004)
$4 \cdot 10^{20}$	wereldverbruik fossiele energie (2004)
$7 \cdot 10^{21}$	wereld-aardolievoorraad (2003)
$2,6 \cdot 10^{22}$	wereld-steenkoolvoorraad (2003)
$3,9 \cdot 10^{26}$	door de zon uitgezonden in 1 s
$3 \cdot 10^{31}$	wereldvoorraad in $^{238}\text{U}$ (2003)
$2,7 \cdot 10^{33}$	kin. en. van de aarde (baan om de zon)
$1 \cdot 10^{43}$	explosie van een supernova
$4 \cdot 10^{58}$	massa-equivalent van de hele Melkweg

# Waarden van enige constanten

## Natuurconstanten

symbool naam		waarde		meetwaarde exact of of definitie afgerond		
$G$	gravitatieconstante	$6,674\,30 \cdot 10^{-11}$	$\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$	m	a	
$g$	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	9,81	$\text{ms}^{-2}$	m	a	
$p_0$	standaarddruk	$1,013\,25 \cdot 10^5$	Pa	d	e	
$V_m$	molair volume					
	• (ideaal gas bij $T = 273,15\text{ K}$ en $p = p_0$ )	$2,241\,396\,854\,501 \cdot 10^{-2}$	$\text{m}^3\text{mol}^{-1}$	d	a	
	• (gasvormige stof bij $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$ )	$2,445 \cdot 10^{-2}$	$\text{m}^3\text{mol}^{-1}$	d	a	
$0^\circ\text{C}$	smeltpunt van ijs ( $p = p_0$ )	273,15	K	m	a	
$N_A$	constante van Avogadro	$6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$	d	e	
$R$	gasconstante	8,31446261815324	$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$	d	e	$R = k_B \cdot N_A$
$k_B$	constante van Boltzmann	$1,380\,649 \cdot 10^{-23}$	$\text{JK}^{-1}$	d	e	
$\sigma$	constante van Stefan-Boltzmann	$5,670\,374\,419 \cdot 10^{-8}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$	d	a	
$k_W$	constante van Wien	$2,897\,771\,955 \cdot 10^{-3}$	mK	d	e	
$h$	constante van Planck	$6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}$	Js	d	e	
$c$	lichtsnelheid	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8$	$\text{ms}^{-1}$	d	e	
$\epsilon_0$	elektrische constante (permittiviteit van vacuüm)	$8,854\,187\,812\,8 \cdot 10^{-12}$	$\text{Fm}^{-1}$	m	a	
$f$	constante in de wet van Coulomb	$8,987\,551\,792 \cdot 10^9$	$\text{Nm}^2\text{C}^{-2}$	m	a	$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
$\mu_0$	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1,256\,637\,062\,12 \cdot 10^{-6}$	$\text{Hm}^{-1}$	m	a	
$e$	elementair ladingsquantum	$1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$	C	d	e	
$F$	constante van Faraday	$9,648\,533\,212\,331 \cdot 10^4$	$\text{Cmol}^{-1}$	d	e	$F = e \cdot N_A$
$a_0$	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5,291\,772\,109\,03 \cdot 10^{-11}$	m	m	a	
$R_H$	rydbergconstante voor waterstof	$1,096\,775\,834 \cdot 10^7$	$\text{m}^{-1}$	m	a	
$K_{cd}$	lichtopbrengst	$6,83 \cdot 10^2$	$\text{lmW}^{-1}$	d	e	

## Planck-constanten

symbool naam		massa			
		u	kg	MeV	J
$u$	atomaire massa-eenheid	1	$1,660\,539\,066\,60 \cdot 10^{-27}$	931,49410242	$1,492\,418\,085\,60 \cdot 10^{-10}$
$m_p$	rustmassa proton	1,007276466621	$1,672\,621\,923\,69 \cdot 10^{-27}$	938,27208816	$1,503\,277\,615\,98 \cdot 10^{-10}$
$m_n$	rustmassa neutron	1,00866491595	$1,674\,927\,498\,04 \cdot 10^{-27}$	939,56542052	$1,505\,349\,762\,87 \cdot 10^{-10}$
$m_e$	rustmassa elektron	$5,485\,799\,090\,65 \cdot 10^{-4}$	$9,109\,383\,701\,5 \cdot 10^{-31}$	0,51099895000	$8,187\,105\,776\,9 \cdot 10^{-14}$

## Planck-constanten

grootheid	herleiding	waarde
planck-lengte	$l_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{2\pi c^3}}$	$1,616\,255 \cdot 10^{-35}\text{ m}$
planck-massa	$m_P = \sqrt{\frac{\hbar c}{2\pi G}}$	$2,176\,434 \cdot 10^{-8}\text{ kg}$
planck-tijd	$t_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{2\pi c^5}}$	$5,391\,247 \cdot 10^{-44}\text{ s}$
planck-temperatuur	$T_P = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{2\pi G k^2}}$	$1,416\,784 \cdot 10^{32}\text{ K}$
magnetisch fluxquantum	$\Phi_0 = \frac{h}{2e}$	$2,067\,833\,848 \cdot 10^{-15}\text{ Wb}$
von-klitzingconstante	$R_K = \frac{h}{e^2}$	$2,581\,280\,745 \cdot 10^4\ \Omega$
geleidingsquantum	$G_0 = \frac{2e^2}{h}$	$7,748\,091\,729 \cdot 10^{-5}\text{ S}$

dichtheid	elasticiteits- modulus	treksterkte (maximale mechanische spanning)	lineaire uitzettings- coëfficiënt	soortelijke warmte	warmte- geleidings- coëfficiënt	smeltpunt $p = p_0$	smeltwarmte	soortelijke weerstand	weerstand- temperatuur- coëfficiënt
$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$
$10^3 \text{ kg m}^{-3}$	$10^9 \text{ Pa}$	$10^8 \text{ Pa}$	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	K	$10^6 \text{ J kg}^{-1}$	$10^{-9} \Omega \text{ m}$	$10^{-1} \text{ K}^{-1}$
aluminium	2,70	71	0,4-0,5	23,2	237	933	0,397	27	4,29
beryllium	1,85	300	4,0-6,1	11,5	170	1560	1,384	33	9,0
bismut	9,80	32		13,5	9	545	0,054	1300	4,3
cadmium	8,65	60		31,5	92	594	0,057	75	4,0
calcium	1,55	20		22,3	96	1115	0,33	43	4,2
chroom	7,19	25		7,0	43	2180	0,28	130	3
goud	19,3	79	1,3-2,2	14	318	1337	0,066	22	3,6
ijzer	7,87	220	3,5	11,7	80,4	1811	0,276	105	6,5
kalium	0,86			83	130	336	0,065	67	5,4
kobalt	8,9	210		13,7	70	1768	0,26	65	6,2
koper	8,96	124	2,1	16,8	390	1357	0,205	17	4,3
kwik	13,546	-		182 <sup>1</sup>	10,3	234	0,012	960	0,93
lood	11,3	15	0,1-0,3	28,9	35,3	601	0,025	210	4,1
magnesium	1,74	44		25,6	156	923	0,368	46	3,8
molybdeen	10,2	330	7-14	5	138	2896	0,293	56	4,3
natrium	0,97			69,6	142	371	0,113	47	5,5
nikkel	8,90	196	0,59	12,7	90,9	1728	0,310	78	6,5
platina	21,5	165	1,2-1,4	8,9	71,6	2042	0,113	106	3,9
tantaal	16,7	190	4-12	6,5	54	3290	0,17	155	3,1
tin <sup>2</sup>	7,31	55	0,19	22	64	505	0,059	115	4,3
uraan	19,1	130	5,1	15	21,9	1406	0,40	220	2,1
wolfram	19,3	360	15-42	4,5	173	3695	0,192	55	4,9
zilver	10,50	77	1,5-3,6	19,2	429	1235	0,105	16	3,9
zink	7,2	93	1,3-1,5	29,7	116	693	0,107	62	4,1

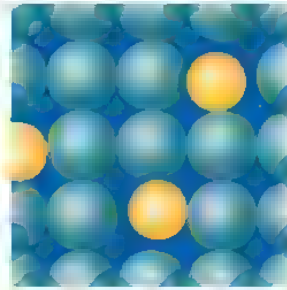
1 ► kubieke uitzettingscoëfficiënt

2 ► wit tetragonaal

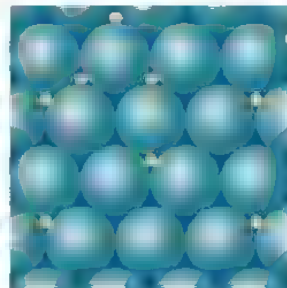


samenstelling	dichtheid $T = 293 \text{ K}$	elasticiteits- modulus	lineaire uitzettings- coëfficiënt	soortelijke warmte $T = 293 \text{ K}$	warmte- geleidings- coëfficiënt	smeltpunt $p = p_0$	soortelijke weerstand $T = 293 \text{ K}$	weerstand- temperatuur- coëfficiënt
massa %	$10^3 \text{ kg m}^{-3}$	$10^{12} \text{ Pa}$	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	K	$10^{-6} \Omega \text{ m}$	$10^{-3} \text{ K}^{-1}$
brons 90% Cu 10% Sn	8,9	0,10	19	0,38	190	1280	0,14	
constantaan 54-58% Cu 1% Mn 45-41% Ni	8,9	0,11	15	0,41	22	1540	0,45	0,05
duraluminium 95% Al 4% Cu	2,8	0,071	23	0,92	160	652		
gietijzer 94% Fe 2,5% Si 3-4% C	7,3	0,10	11	0,50	60	1450	0,10	6,5
invar 64% Fe 36% Ni	8,1	0,145	2	0,503	16	1723	0,10	2
manganen 84% Cu 12% Mn 4% Ni	8,5	0,13	16	0,41	22	1270	0,43	0,02
messing 55-70% Cu 45-30% Zn	8,5	0,10	21	0,38	120	1170	0,07	2
nichroom 60% Ni 22% Fe 18% Cr	8,2		13		13		1,10	0,1
nieuw zilver (duits zilver) 45-70% Cu 5-30% Ni 8-45% Zn	8,9	0,11	18	0,40	33	1375	0,33	0,4
soldeer (zacht) 50% Pb 50% Sn	9,0	0,000045	23	0,176	80	490	0,15	
staal								
• koolstofstaal 99% Fe 0,8% C	7,8	0,20	12	0,48	50	1630	0,18	
• roestvrij staal 85% Fe 13% Cr 2% C	7,8	0,20	10	0,46	50	1780	0,72	

## 1 Homogene structuur substitutioneel



## interstitieel



## 2 Heterogene structuur

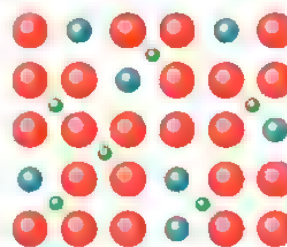


## perliet ( $\alpha$ -ijzer/cementiet)



## LaNiFe-legering

- Er komen ook mengvormen van substitutionele en interstitiële legeringen voor.



- Als er een regelmaat is in de structuur van de substitutionele/interstitiële plaatsen, is er sprake van een intermetallische verbinding: vb.  $\beta$ -messing/cementiet.

	dichtheid $T = 293 \text{ K}$	elasticiteits- modulus	lineaire uitzettings- coëfficiënt	soortelijke warmte $T = 293 \text{ K}$	warmtegeleidings- coëfficiënt $T = 293 \text{ K}$	soortelijke weerstand
	$10^3 \text{ kg m}^{-3}$	$10^9 \text{ Pa}$	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\Omega \text{ m}$
acryl	1,2		70–100	1,4–2,1	0,2	$10^{19}$
asbest	0,58	20		0,84	0,1	
asfalt	1,2		200	0,92	0,6	
bakeliet	1,3	6–10	30	0,92	0,2	$10^5\text{--}10^9$
barnsteen	1,0		54		0,13	
basalt	2,7–3,2			0,84–0,92	1	
been (bot)	1,9	14				
boter	0,86–0,87					
bruinsteen	3,4			0,73		
calciet	2,7					
cement (beton)	1,5–2,4	20–40	10–12	0,9–1,1	0,2–20	
diamant	3,52		1,3	0,49	165	$10^{13}$
eboniet	1,15		80–85	1,67	0,17	$10^8$
fosfor • wit	1,82		124	0,795		$10^{17}$
• rood	2,20					
germanium	5,32		6,1	0,31	63	0,588
gips	2,32		25	0,8–1,1	1,3	
glas • gewoon	2,5–2,6	50–100	8–9	0,8	0,93	$10^{12}$
• flint-	3,1–3,9	60–80	8	0,5	0,8	
grafiet	2,1		1–2	0,69–0,72	160	$10^{-5}$
graniet	2,7		7–8	0,82	3,5	
hout • balsa-	0,15	6	5–50		0,1	
• ebben-	1,26		3–5		0,3–0,5	
• eiken-	0,78	11	3–5	2,39	0,3–0,5	
• vuren-	0,58	10–20	5	2,72	0,3–0,5	$10^{12}$
ijs ( $T = 269 \text{ K}$ )	0,917	3	50	2,2	2,1	
ivoor	1,9				0,6–1,2	
kamfer	0,99					
keukenzout	2,17		40	0,88	0,045–0,06	
koolstof	3,5		28	0,85		
kurk	0,20–0,35			1,7–2,1	0,05–0,11	$10^8$
kwarts	2,2–2,5	70	0,4	0,74	0,22	$10^{20}$
marmer	2,7	40–50	12	0,88	2–4	$10^9$
mica	2,8	160–210	3	0,88	0,4–0,6	$10^{14}$
naftaleen	1,15		94	1,3		$3 \cdot 10^5$
nylon	1,14		100–140	1,7	0,2–0,3	$> 10^{14}$
papier	0,7–1,2				0,18	$10^{10}$
paraffine	0,85		100–200	2,1–2,9	0,21–0,26	$10^{15}$
perspex	1,2	2,5–3,5	80	1,5	1,9	$> 10^{19}$
polyetheen	0,93	0,5	180	2,2	0,23–0,29	$3 \cdot 10^{15}$
polystyreen	1,06	2,5–3	70	1,3	0,08	$> 10^{14}$
porselein	2,4	70–80	2–5	0,8	1,0–1,7	$10^{12}$
pvc (polyvinylchloride)	1,3	2,5–3,5	150–250	1–2	0,16	$10^{12}\text{--}10^{14}$
rubber	1,2–1,6	$10^{-1}\text{--}10^{-2}$	200	1,1–2	0,15	$10^{13}$
seleen	4,79		39	0,35		
silicium	2,33	100–110	4,2	0,76	80–150	625
steen • baksteen	1,5–1,8	10–20	3–9	0,75	0,6	
• klinker	1,5–2,0	10–20			1,1	
suiker	1,58		80	1,2	0,6	
teflon	2,2		90	1,0	0,2–0,3	$10^{20}$
was	0,95	1,8		2,5		
zand (droog)	1,6			0,80	1	
zwavel • rombisch	2,07		61	0,73	0,2	
• monoklien	1,96		80	0,74	0,2	$10^{23}$

■ smeltpunt in K ( $p = p_0$ ): diamant >3800; witte fosfor 317; glas 1000; keukenzout 1074; naftaleen 353; paraffine 325–329; suiker 458; ijs 273.

■ smeltwarmte in  $10^3 \text{ J kg}^{-1}$ : diamant 17000; witte fosfor 21,5; keukenzout 500; paraffine 146,5; suiker 56; ijs 334.

■ maximaal toelaatbare temperatuur in K: gips 400; glas 1000; marmer 1563; perspex 640; polyetheen 660; pvc 540; rubber 520.

	<i>dichtheid</i>	<i>treksterkte (maximale mechanische spanning)</i>	<i>rek bij breuk</i>	<i>druksterkte</i>	<i>elasticiteits- modulus</i>	<i>lineaire uitzettings- coëfficiënt</i>	<i>warmte- geleidings- coëfficiënt</i>
	$10^3 \text{ kg m}^{-3}$	$10^6 \text{ Pa}$	%	$10^6 \text{ Pa}$	$10^9 \text{ Pa}$	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
<b>traditionele materialen</b>							
baksteen	1,6-1,9	2-3	<1	10-90	10-20	3-9	0,5-1,0
beton	2,2-2,4	2-6	<1	20-80	15-30	10-14	0,4-1,7
glas	2,5-2,7	30-100	0,1-0,2	400-1200	50-100	6-9	0,9
hout	0,5-1,1	85-160	0,2-2	30-80	8-18 <sup>2</sup>	3-5	0,1-0,5
natuursteen	1,8-3,0	1-8	<1	60-320	3-25	4-12	2-4
<b>metalen</b>							
aluminium (6061T6 1%Mg 0,6%Si e.a.)	2,70	310	10	240	69	24	160
lood	11,35	14-17	60		14-18	29	35
messing (UNS C86500; 55%Cu 39%Zn 1%Al)	8,3	490	30	170	105	18	87
staal (bouw-, 1.0045, <1,6%Mn <0,55%Si)	7,85	490	20		210	12	52
staal (roestvast; 1.4003; 11,5%Cr 1,5%Mn 1%Si)	7,74	550	20		200	11,5	30,5
staal (roestvast; 1.4401; 16%Cr 10%Ni 2%Mo)	8,0	530	40		200	16,5	15
titanium (grade 5; 6%Al 4%V max. 0,25%Fe)	4,43	950	14	970	114	8,6	6,7
<b>composieten</b>							
kunststoffen, glasvezel gewapend	1,3-2,3	65-1800	1,2-2	100-540	6-50	10-30	0,4-0,6
glasfiber (30%)-nylon, gegoten		150 <sup>2</sup>			10,6 <sup>2</sup>		
glasfiber (59%)-epoxyhars, gehard		1140 <sup>2</sup>			47 <sup>2</sup>		
carbonfiber (61%)-epoxyhars, gehard		2390 <sup>2</sup>			146 <sup>2</sup>		
<b>thermo-harden</b>							
thermohardeners <sup>1</sup>	1,2-1,3	25-70	1-3	70-300	2-7	40-60	0,12-0,40
PUR polyurethaan	13-1010	0,3-550					0,017-0,06
elastomeren	0,85-1,1	10-28	450-850		0,005		
<b>thermoplasten</b>							
ABS acrylonitrilbutadiënstyreen	0,9-2	5-90	1-800	28-140	0,4-4,5	50-220	0,12-0,35
HDPE hoge-dichtheidpolyethyleen	1,04-1,07	30-45	15-30		1,4-3	60-110	
LDPE lage-dichtheidpolyethyleen	0,94-0,96	22-38	250-750		0,4-1,7	200	
PP polypropyleen	0,91-0,925	5-28	200-600		0,1-1	200-250	
PS polystyreen, piepschuim, EPS	0,90-0,92	30-40	>450		1,1-1,6	150	
PTFE polytetrafluoretheen, Teflon	1,04-1,15	35-70	15		2,6-4,2	70	0,035
PVC (hard) polyvinylchloride	2,2	25-35	350-550	40	0,4-0,6	60	
PVC (zacht) polyvinylchloride	1,4	50-60	20-50		2,4-4,1	80	0,026-0,033
	1,20	15-25	>50		50-100	70-100	0,03-0,04

1 ► thermohardeners: hieronder o.a. diverse harssoorten, ureumformaldehyde (UF)

2 ► in de vezelrichting, in de andere richtingen beduidend zwakker

dichtheid	oppervlakte- spanning	viscositeit	kubieke uitzettings- coëfficiënt	soortelijke warmte	warmte- geleidings- coëfficiënt	smelt- punt	smelt- warmte	kook- punt	verdam- pings- warmte
$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$293\text{-}373 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$p = p_0$	$10^3 \text{ J kg}^{-1}$	$p = p_0$	$10^6 \text{ J kg}^{-1}$
$10^3 \text{ kg m}^{-3}$	$10^{-3} \text{ N m}^{-1}$	$10^{-3} \text{ Pa s}$	$10^{-3} \text{ K}^{-1}$	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	K	K	K	$10^6 \text{ J kg}^{-1}$
aceton [propanon]	23	0,33	1,5	2,20	0,16	178	92	329	0,515
alcohol [ethanol]	22	1,2	1,1	2,43	0,17	159	105	351	0,841
aniline	43	4,4	0,84	2,05	0,17	267	88	457	0,434
benzeen	29	0,65	1,2	1,71	0,15	279	127	353	0,393
benzine	0,72		1,0	2,2	0,15	123		394 <sup>1</sup>	
chloroform	27	0,6	1,3	0,96	0,12	210	244	334	0,250
ether [ethoxyethaan]	17	0,23	1,7	2,30	0,14	157	115	308	0,377
glycerol	62	1500	0,5	2,43	0,29	291	175	563	0,83
koolstofdisulfide	32	0,36	1,2	1,00	0,14	161	57	319	0,35
kwik	500	1,55	0,182	0,138	10,4	234	12	630	0,301
melk	1,02–1,04	45	2,1	0,8 <sup>3</sup>	0,49	272,5	92	373	
methanol	23	0,60	1,2	2,50	0,21	176	145	338	1,11
olijfolie	33	84	0,72	1,65	0,17	267		570	
paraffineolie <sup>1,4</sup>	26	1000	90	2,13	0,15	327		573	
petroleum	27		1,0	2,14	0,15	203		423	0,319
siliconenolie	16	0,49	1,6	1,37	0,10	205		373	
spiritus (95%)		1,4				183		351 <sup>1</sup>	
stookolie									
terpentijn	27	1,5	0,97	1,75	0,15	263		453	0,293
tetra	26	0,97	1,22	0,84	0,10	250	17	350	0,193
water	0,9982	1,00	0,21 <sup>5</sup>	4,18	0,60	273	334	373	2,26
zeewater <sup>6</sup>	1,024	1,01		3,93	0,60	270	334		2,26
zwaar water	1,105	1,25		4,22	0,58	277	318	374	2,07
zwavelzuur	1,84	55	28	1,38		284		603	0,511

■ Kritieke temperatuur en kritieke druk: zie tabel 12.

1 ▲ kooktraject

2 ▲ 13,6 bij 273 K

3 ▲ 273–333 K

■ Glas: zie tabel 10

4 ▲ destilleert tussen 323 en 473 K

5 ▲ 293 K

6 ▲ 30‰ zout

■ Warmtegeleiding, bij gasen en vloeistoffen  
geldt deze waarde bij afwezigheid van stroming.



formule	dichtheid	soortelijke warmte bij $T = 273 \text{ K}$ , $p = p_0$	verhouding $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$	warmtegeleidings- coëfficiënt $T = 273 \text{ K}$	kookpunt $p = p_0$	verdampings- warmte $10^6 \text{ J kg}^{-1}$	kritieke temperatuur K	kritieke druk $10^6 \text{ Pa}$
	$\text{kg m}^{-3}$	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$		$10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	K		K	
aardgas (Gronings)	0,833	1,9	1,31	29	187	1,37	187	4,6
acetyleen [ethyn]	1,18	1,67	1,25	19	192	1,39	309	6,3
alcohol damp [ethanol]	1,43	1,43	1,17	152	351	0,84	516	6,2
ammoniak	0,77	2,06	1,32	22	240	1,37	405	11,9
argon	1,78	0,52	1,66	16	87	0,16	151	4,9
chloor	3,21	0,49	1,36	7,6	239	0,29	417	8,4
chloroform damp	1,15	0,55	1,15	1	334	0,24	535	5,5
deuterium	0,180	1,73	1,73	129	23	0,31	38	1,7
ethaan	1,36	1,22	1,22	18	185	0,49	305	4,9
ether [ethoxyethaan]	1,61	1,09	1,09	1	308	0,38	467	3,3
ethyleen [etheen]	1,26	1,41	1,25	17	169	0,52	283	5,1
fluor	1,70	0,82	1,36	176	85	0,17	144	5,7
freon-12	5,51	0,06	1,14	8,5	243	0,28	385	4,1
helium	0,178	5,1	1,66	144	4,2	0,021	5,2	0,23
isobutaan	2,67	1,61	1,11	14	261	0,36	408	3,6
[2-methylpropaan]								
koolstofdioxide	1,986	0,82	1,31	14	195	0,57	304	7,3
koolstofmono-oxide	1,25	1,05	1,40	23	82	0,21	134	3,6
krypton	3,745	0,25	1,69	8,7	120	0,11	210	5,5
kwik damp	1,010	0,10	1,67	1	630	0,30	1720	100
lucht	1,293	1,00	1,40	24	80	0,21	132	3,8
methaan	0,72	2,21	1,31	30	112	0,51	191	4,6
neon	0,90	1,03	1,64	46	27	0,13	44	2,7
ozon	2,22	0,79	1,40	15	161	0,25	268	7,0
propaan	2,02	1,53	1,13	15	231	0,43	370	4,2
stikstof	1,25	1,04	1,40	24	77	0,20	126	3,3
water damp	0,598	2,0	1,33	16	373	2,26	647,29	22,1
water stof	0,090	14,3	1,41	174	14	0,45	33	1,3
xenon	5,9	0,16	1,67	5,2	165	0,10	290	5,9
zuur stof	1,43	0,92	1,40	25	90	0,21	154	5,1
zwaveldioxide	2,93	0,64	1,27	8,4	263	0,39	431	7,8

■ Warmtegeleiding: bij gasen en vloeistoffen  
geldt deze waarde bij afwezigheid van stroming.

1 ► Gronings aardgas is 80% CH<sub>4</sub> en 20% N<sub>2</sub>.

2 ► gevogen gemiddelde; eigenlijk een traject

3 ► bij standaarddruk rechtstreekse overgang vast - gas

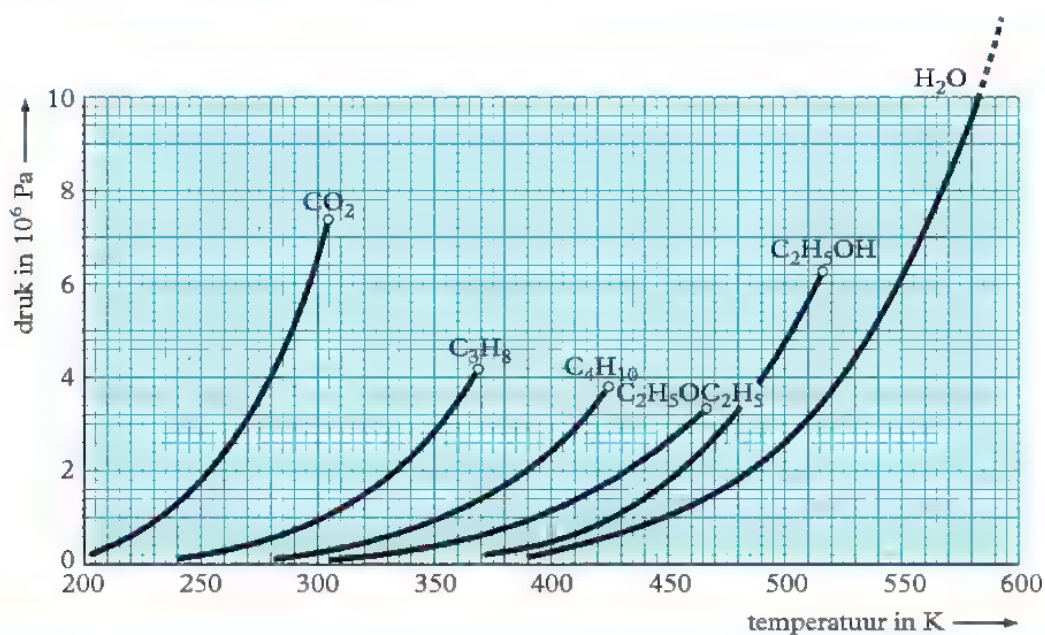
4 ► vloeibaar

5 ► bij 373 K

6 ► bij 2,6 · 10<sup>5</sup> Pa

temperatuur druk		temperatuur druk		temperatuur druk		temperatuur druk	
°C	Pa	°C	Pa	°C	10 <sup>3</sup> Pa	°C	10 <sup>3</sup> Pa
-70,0	0,26	0,5	633	23,5	2,896	57,0	1,732
-60,0	1,08	1,0	657	24,0	2,985	58,0	1,816
-50,0	3,94	1,5	681	24,5	3,076	59,0	1,903
-40,0	12,8	2,0	706	25,0	3,169	60,0	1,993
-30,0	38,0	2,5	732	25,5	3,264	61,0	2,087
-20,0	103	3,0	758	26,0	3,363	62,0	2,185
-19,5	108	3,5	786	26,5	3,463	63,0	2,287
-19,0	113	4,0	814	27,0	3,567	64,0	2,392
-18,5	119	4,5	843	27,5	3,674	65,0	2,502
-18,0	124	5,0	872	28,0	3,782	66,0	2,616
-17,5	131	5,5	903	28,5	3,893	67,0	2,735
-17,0	137	6,0	935	29,0	4,007	68,0	2,857
-16,5	144	6,5	968	29,5	4,125	69,0	1,985
-16,0	151	7,0	1002	30,0	4,245	70,0	3,118
-15,5	157	7,5	1037	30,5	4,369	75,0	3,855
-15,0	165	8,0	1072	31,0	4,496	80,0	4,736
-14,5	173	8,5	1110	31,5	4,625	85,0	5,780
-14,0	181	9,0	1148	32,0	4,757	90,0	7,011
-13,5	189	9,5	1187	32,5	4,893	92,0	7,568
-13,0	199	10,0	1229	33,0	5,033	94,0	8,154
-12,5	207	10,5	1270	33,5	5,176	96,0	8,777
-12,0	217	11,0	1313	34,0	5,323	98,0	9,439
-11,5	227	11,5	1358	34,5	5,472	99,0	9,785
-11,0	237	12,0	1403	35,0	5,627	99,5	9,9622
-10,5	248	12,5	1450	35,5	5,784	100,0	10,1325
-10,0	260	13,0	1498	36,0	5,945	101	10,509
-9,5	271	13,5	1547	37,0	6,280	102	10,887
-9,0	283	14,0	1599	38,0	6,630	103	11,27
-8,5	296	14,5	1651	39,0	6,997	104	11,67
-8,0	309	15,0	1706	40,0	7,381	110	14,34
-7,5	323	15,5	1761	41,0	7,784	120	19,87
-7,0	337	16,0	1818	42,0	8,205	130	27,03
-6,5	352	16,5	1878	43,0	8,645	140	36,15
-6,0	368	17,0	1938	44,0	9,107	150	47,62
-5,5	384	17,5	2002	45,0	9,590	160	61,82
-5,0	401	18,0	2065	46,0	10,09	170	79,22
-4,5	419	18,5	2130	47,0	10,62	180	100,3
-4,0	437	19,0	2198	48,0	11,17	200	155,5
-3,5	456	19,5	2268	49,0	11,74	220	232
-3,0	476	20,0	2340	50,0	12,34	240	334
-2,5	496	20,5	2412	51,0	12,97	260	469
-2,0	517	21,0	2488	52,0	13,62	280	641
-1,5	539	21,5	2565	53,0	14,30	300	859
-1,0	563	22,0	2645	54,0	15,01	320	1129
-0,5	587	22,5	2727	55,0	15,75	340	1460
0,0	611	23,0	2811	56,0	16,52	360	1860
0,01 °C	611,2					374,13 °C	2212
273,16 K	tripelpunt					647,29 K	kritisch punt

Koolstofdioxide, propaan, butaan, ether, alcohol en water  
( $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  en  $\text{H}_2\text{O}$ )



	$0,1333 \cdot 10^3 \text{ Pa}$	$1,333 \cdot 10^3 \text{ Pa}$	$p = p_0$	$0,2026 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$1,013 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	kritieke temperatuur	kritieke druk
	K	K	K	K	K	K	$10^6 \text{ Pa}$
aceton [propanon]	214	242	329	352	418	509	6,1
alcohol [ethanol]	242	271	351	371	425	516	6,2
benzeen	236	262	353	377	452	563	4,6
ether [ethoxyethaan]	199	225	308	329	395	467	3,3
helium-4	1,4	1,8	4,3	5,1	2	5,2	0,23
kwik	399	457	630	671	790	1720	100
stikstof	47	54	77	84	103	126	3,3
water	256 <sup>1</sup>	284	373	393	454	647,29	22,12
zwaar water			374			645	21,7

1 ► sublimatie

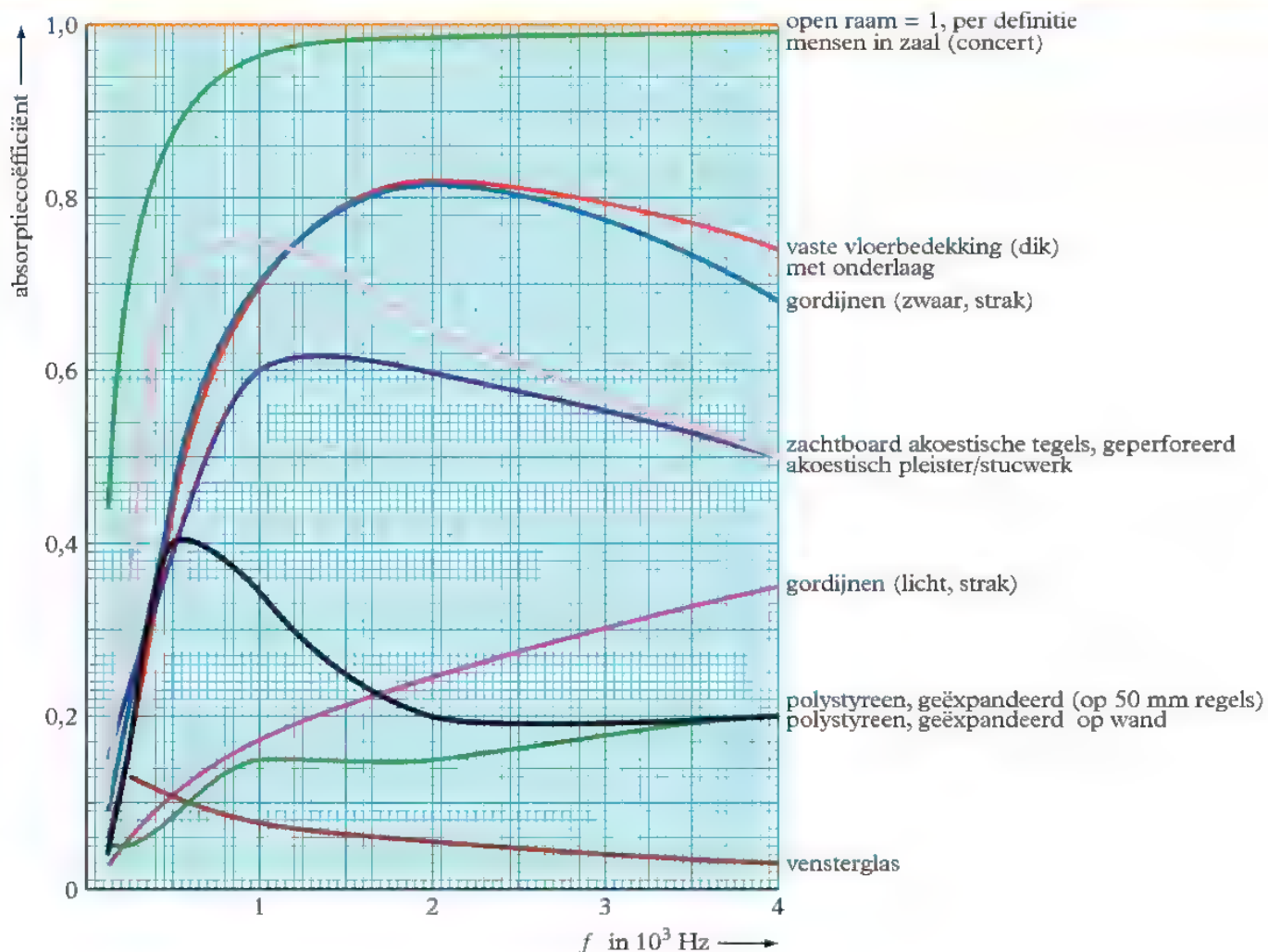
2 ► boven de kritieke temperatuur



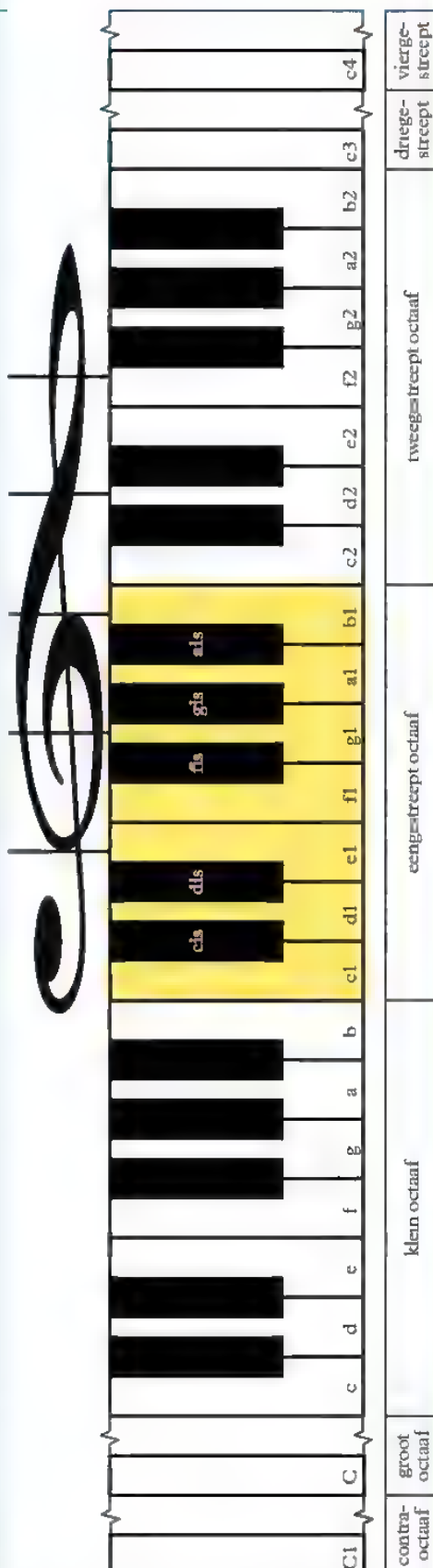
vaste stof		vloeistof		gas of damp	
$T = 293 \text{ K}$	$10^3 \text{ m s}^{-1}$	$T = 293 \text{ K}$	$10^3 \text{ m s}^{-1}$	$T = 273 \text{ K}$	$10^3 \text{ m s}^{-1}$
aluminium	5,08	alcohol [ethanol]	1,17	ether (360 K)	0,2206
beton	4,3	glycerol	1,93	helium	0,965
glas	4,0-4,5	methanol	1,12	koolstofdioxide	0,259
ijs (269 K)	3,28	siliconenolie	0,79	lucht (233 K)	0,307
ijzer	5,1	water (273 K)	1,403	(253 K)	0,319
ivoor	3,0	(293 K)	1,484	(273 K)	0,332
koper	3,8	(313 K)	1,529	(293 K)	0,343
marmer	3,8	(333 K)	1,560	(313 K)	0,354
polyetheen	0,92	(353 K)	1,555	(333 K)	0,365
rubber	0,05	(373 K)	1,543	methaan	0,430
staal	5,1	zwaar water	1,38	waterdamp (407 K)	0,494
steen	3,6	zeewater	1,51	waterstof	1,284

mens					
$T = 310 \text{ K}$	$10^3 \text{ m s}^{-1}$	$T = 310 \text{ K}$	$10^3 \text{ m s}^{-1}$	$T = 310 \text{ K}$	$10^3 \text{ m s}^{-1}$
baarmoeder	>1,63	hersenen	1,56	oog(lens)	1,64-1,67
bloed	1,58	huid (epidermis)	>1,73	spieren (skelet-)	1,53-1,63
bot (schedel)	2,19-3,29	lever	1,58-1,64	tanden (glazuur)	4,5 -6,25
bot (poreus)	1,69-2,41	nier	1,56-1,58	vet	1,41-1,49
hart	>1,57	oog (glasvocht)	1,53	vruchtwater	1,53



evenredig zwevende stemming			
frequentie Hz <sup>4</sup>	verhouding t.o.v. a1 <sup>1</sup>	MIDI- getal	
	decimaal	rationaal	
2093,00	4,75682	$= 2^{27/12}$	96
1046,50	2,37841	$= 2^{15/12}$	84
987,77	2,24493	$= 2^{14/12}$	83
932,33	2,11893	$= 2^{13/12}$	82
880,00	2,00000	$= 2^{12/12}$	81
830,61	1,88775	$= 2^{11/12}$	80
783,99	1,78180	$= 2^{10/12}$	79
739,99	1,68180	$= 2^{9/12}$	78
698,46	1,58741	$= 2^{8/12}$	77
659,26	1,49832	$= 2^{7/12}$	76
622,25	1,41420	$= 2^{6/12}$	75
587,33	1,33484	$= 2^{5/12}$	74
554,37	1,25993	$= 2^{4/12}$	73
523,25	1,18920	$= 2^{3/12}$	72
493,88	1,12245	$= 2^{2/12}$	71
466,16	1,05945	$= 2^{1/12}$	70
440,00	1,00000	$= 2^0$	69
415,30	0,94386	$= 2^{-1/12}$	68
392,00	0,89091	$= 2^{-2/12}$	67
369,99	0,84089	$= 2^{-3/12}$	66
349,23	0,79370	$= 2^{-4/12}$	65
329,63	0,74916	$= 2^{-5/12}$	64
311,13	0,70711	$= 2^{-6/12}$	63
293,66	0,66741	$= 2^{-7/12}$	62
277,18	0,62995	$= 2^{-8/12}$	61
261,63	0,59461	$= 2^{-9/12}$	60
246,94	0,56123	$= 2^{-10/12}$	59
233,08	0,52973	$= 2^{-11/12}$	58
220,00	0,50000	$= 2^{-12/12}$	57
207,65	0,47193	$= 2^{-13/12}$	56
196,00	0,44545	$= 2^{-14/12}$	55
185,00	0,42045	$= 2^{-15/12}$	54
174,61	0,39684	$= 2^{-16/12}$	53
164,81	0,37457	$= 2^{-17/12}$	52
155,56	0,35355	$= 2^{-18/12}$	51
146,83	0,33370	$= 2^{-19/12}$	50
138,59	0,31498	$= 2^{-20/12}$	49
130,81	0,29730	$= 2^{-21/12}$	48
65,41	0,14866	$= 2^{-33/12}$	36
32,70	0,07432	$= 2^{-45/12}$	24



reine stemming		
verhouding t.o.v. c1 <sup>2</sup>	verhouding t.o.v. <sup>3</sup>	
rationaal	naam	voorgaande toon
2:1	octaaf	16:15
15:8	(grote) septiem	9:8
9.5 of 16:9	kleine septiem	9:8
5:3	(grote) sext	10:9
8:5	kleine sext	16:15
3:2	(reine) kwint	9:8
36. 25 of 64. 45	verminderde kwint	
4:3	kwart	16:15
5:4	(grote) terts	10:9
6:5	kleine terts	9:8
9:8 of 10:9	(grote) secunde	9:8
16:15	kleine secunde	16:15
1:1	(reine) prime	

1 ► De frequenties van de evenredig zwevende stemming vormen een meetkundige reeks met factor  $2^{1/12} \approx 1,0595...$

2 ► De verhoudingen van de reine stemming worden gebruikt voor het stemmen van muziekinstrumenten.

3 ► Het product van deze verhoudingen over een octaaf is exact gelijk aan 2.

4 ► Deze frequenties gaan uit van a1 (A4) is 440 Hz.

'zone'	geluids- druk	geluids- intensiteit	geluids- druk-niveau	omschrijving
	Pa	$W m^{-2}$	dB	
gevaarlijke zone (doofheid)	$10^4$	$10^6$	180	start bemande raket op 50 m
		$10^5$	170	
	$10^3$	$10^4$	160	pistoolschot op 50 m
		$10^3$	150	ernstige beschadigingen gehoororganen wettelijke grens vuurwerk op 2,5 m
	$10^2$	$10^2$	140	straalmotor op 25 m
		10	130	startend straalvliegtuig op 50 m wereldrecord schreeuwen op 2,5 m
	$10^1$	1	120	'pijngrens' – pneumatische boor op 1 m – autoclaxon vlakbij
		$10^{-1}$	110	popgroep – betonboor op 1 m – cirkelzaag
schadelijke zone	1	$10^{-2}$	100	helikopter op 30 m hoogte – zware vrachtwagen met $35 km h^{-1}$ op 7,5 m
		$10^{-3}$	90	personenauto – passerende trein lichte vrachtwagen met $35 km h^{-1}$ op 7,5 m
vermoeiende zone	$10^{-1}$	$10^{-4}$	80	drukke verkeersweg – passerende bromfiets op 7,5 m
		$10^{-5}$	70	luide muziek van radio of tv in woonkamer – autosnelweg op 25 m
rustige zone (overdag)	$10^{-2}$	$10^{-6}$	60	geanimeerd gesprek – kantoor in bedrijf – ongestoord telefoongesprek
		$10^{-7}$	50	rustig gesprek – gemiddelde woonwijk overdag buiten
rustige zone (’s nachts)	$10^{-3}$	$10^{-8}$	40	stille woonstraat – woonkamer – koelkast op 1 m
		$10^{-9}$	30	leeszaal bibliotheek – fluisterend gesprek – tikkend horloge
zachte zone	$10^{-4}$	$10^{-10}$	20	ruisende bladeren – zacht gefluister – omroepstudio
		$10^{-11}$	10	vallend blad – vrijwel volledige stilte
onhoorbare zone	$2 \cdot 10^{-5}$	$10^{-12}$	0	'gehoordrempel' – stilte voor het menselijk oor
	$10^{-5}$	$10^{-13}$	-10	

■ Gehoorgevoeligheid: zie tabel 27C.

bij  $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = p_0$

alcohol [ethanol]	25
benzeen	2,3
germanium	16

glycerol	43
lucht	1,00056
papier	2,1

pvc	4,5
silicium	12
water	80

soort	voorbeelden van stoffen	eigenschap	bijvoorbeeld
diamagnetisme	glas, koper, water, waterstof	$\mu_r < 1$	koper $\mu_r = 0,999990$ water $\mu_r = 0,999910$
paramagnetisme	aluminium, lucht, platina, zuurstof	$\mu_r > 1$	aluminium $\mu_r = 1,000021$ zuurstof $\mu_r = 1,000018$
ferromagnetisme	ijzer, kobalt, nikkel, staal	hystereselus	
antiferromagnetisme	bruinsteen	tegengestelde oriëntatie van magnetisatie	
ferrimagnetisme	ferrieten	spontane magnetisatie	

## Halfgeleiders

	bandafstand (gap-energie)	gaten- beweeglijkheid	elektronen- beweeglijkheid
	eV	$\text{m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$	$\text{m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$
C (diamant)	5,3	0,13	0,18
CdS	2,40	-	0,02
GaAs	1,40	0,04	0,06
Ge	0,72	0,35	0,45
HgTe	0,01	0,02	2,0
InAs	0,45	0,025	3,0
InSb	0,23	0,14	8,0
PbS	0,39	0,05	0,05
PbSe	0,27	0,14	0,14
PbTe	0,33	0,20	0,20
Si	1,10	0,05	0,13

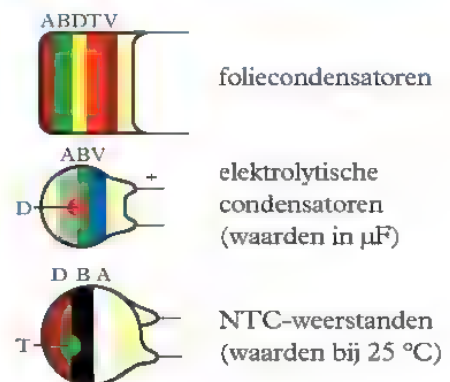
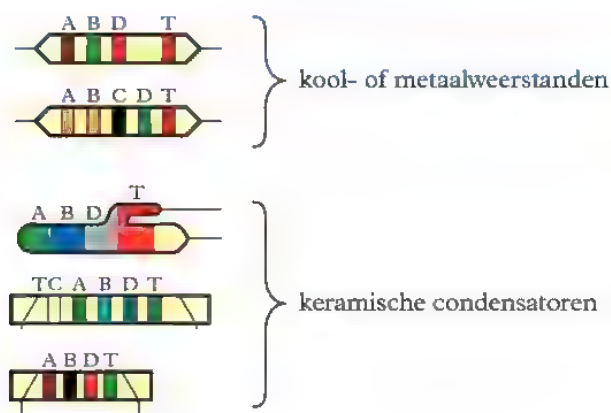
## Supergeleiders

	sprongpunt $T_c$
	K
kwik (Hg)	4,15
lood (Pb)	7,17
niobium (Nb)	9,46
NbN	16,0
Nb <sub>3</sub> Al	20,7
Nb <sub>3</sub> Ge	23,2
Tl <sub>2</sub> Ba <sub>2</sub> CuO <sub>6</sub>	80
Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	85
YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-x</sub>	92
Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>6</sub>	110
TlBa <sub>2</sub> Ca <sub>3</sub> Cu <sub>4</sub> O <sub>11</sub>	122
Tl <sub>1</sub> Ba <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	125
HgBa <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	128
HgBa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	134



Gemiddelde spanningstoename per graad temperatuurstijging, als één van de contactpunten 273 K is.

thermokoppel	gemiddelde spanningstoename (seebeckcoëfficiënt)	temperatuurgebied, waarin geldig	temperatuurgebied, waarin thermokoppel bruikbaar	type
	$10^{-6} \text{ V K}^{-1}$	K	K	
chromel/alumel	41	273-1473	3-1645	K
koper/constantan	42	253- 373	3- 673	T
ijzer/constantan	55	253- 473	63-1473	J
platina/platina 10% rhodium	6	273- 353	223-2040	S



TC = code voor temperatuurcoëfficiënt

V = code voor toelaatbare spanning

























Twee naast elkaar gelegen ringen kunnen dezelfde kleur hebben: een twee keer zo brede ring.



A/B/C = 1e, 2e, 3e cijfer	D = $\cdot 10^n$	n =	T = tolerantie
zwart 0	zwart 0	0	bruin $\pm 1\%$
bruin 1	bruin 1	1	rood $\pm 2\%$
rood 2	rood 2	2	goud $\pm 5\%$
oranje 3	oranje 3	3	zilver $\pm 10\%$
geel 4	geel 4	4	geen kleur $\pm 20\%$
groen 5	groen 5	5	bruin $\pm 1\%$
blauw 6	blauw 6	6	rood $\pm 2\%$
violet 7	wit -1	-1	groen $\pm 5\%$
grijs 8	grijs -2	-2	wit $\pm 10\%$
wit 9	violet -3	-3	zwart $\pm 20\%$
	goud -1	-1	bruin $\pm 0,1 \text{ pF}$
	zilver -2	-2	rood $\pm 0,25 \text{ pF}$
			groen $\pm 0,5 \text{ pF}$
			wit $\pm 1 \text{ pF}$

R en NTC

$C > 10 \text{ pF}$

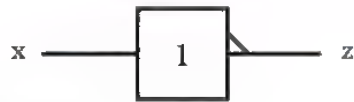
$C < 10 \text{ pF}$

	draad zonder weerstand
	kruisende draden (geen elektrische verbinding)
	snijdende draden (elektrisch verbonden)
	element, batterij (spanningsbron)
	variabel (weerstand, spanningsbron e.a.)
	gelijkspanning, gelijkstroom
	wisselspanning, wisselstroom
	gelijk- en wisselstroom mogelijk gelijk- en wisselspanning mogelijk
	wisselstroomdynamo (generator)
	gelijkstroomdynamo (generator)
	schakelaar (open en gesloten)
	
	lichtpunt
	signaallamp
	ampèremeter
	voltmeter
	ohmmeter
	galvanometer
	weerstand
	spanningsdelers
	spoel (zonder resp. met kern)
	transformator
	motor (gelijk- of wisselstroom)
	

	oscilloscoop
	microfoon
	luidspreker
	condensator
	diëlektricum
	smeltveiligheid (zekering)
	weerstand met negatieve temperatuurcoëfficiënt (NTC)
	lichtgevoelige weerstand
	(zonder resp. met omhulling)
	fotocel
	diode
	(zonder resp. met omhulling)
	led
	p-n-p-transistor
	(zonder resp. met omhulling)
	n-p-n-transistor
	(zonder resp. met omhulling)
	gasontladingslamp
	versterker
	aardverbinding
	massaverbinding
	spanningsbron ( $R_i = 0$ )
	stroombron ( $R_i = \infty$ )
	driefasig systeem in driehoekschakeling
	driefasig systeem in stersschakeling
	driefasig systeem in zigzagschakeling

Nederlandse norm

INVERTOR



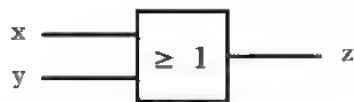
$$z = \neg x$$

EN, AND



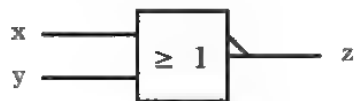
$$z = x \cdot y \text{ of } z = \overline{\overline{x + y}}$$

OF, OR



$$z = \overline{\overline{x} \cdot \overline{y}} \text{ of } z = x + y$$

NOR, NOR



$$z = \overline{x + y} \text{ of } z = \overline{\overline{x} \cdot \overline{y}}$$

NEN, NAND



$$z = \overline{x \cdot y} \text{ of } z = \overline{\overline{x} + \overline{y}}$$

Amerikaanse norm



niet- $x$



zowel  $x$  als  $y$



$x$  dan wel  $y$



$x$  noch  $y$



niet  $x$  en  $y$  beide

waarheidstabel

$x$	$z$
0	1
1	0

$x$	$y$	$z$
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

$x$	$y$	$z$
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

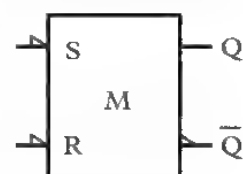
$x$	$y$	$z$
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

$x$	$y$	$z$
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

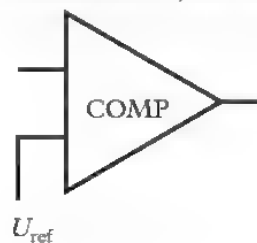
KLOK, CLK



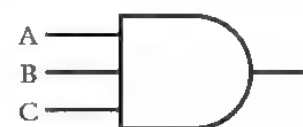
SET-RESET FLIPFLOP



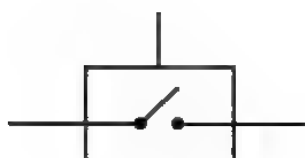
COMPARATOR, BUFFER



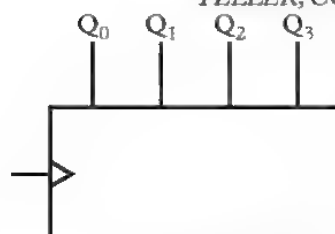
MULTIPLE INPUT AND



CMOS



TELLER, COUNTER



vaste stoffen	golflengte →	brekingsindex t.o.v. lucht				grenshoek in graden	doorlaat- gebied in $\mu\text{m}$
		687 nm rood	589 nm geel	486 nm blauw	434 nm violet	589 nm geel	
$T = 293 \text{ K}, p = p_0$							
acryl		1,487	1,491	1,497	1,503	42,1	
calciumfluoride (fluoriet)		1,432	1,434	1,437	1,439	44,2	0,125-9
diamant		2,408	2,417	2,435	2,457	24,4	0,25 - 80
glas		1,51	1,51	1,52	1,52	41,5	0,35-2,7
zwaar kroonglas		1,61	1,61	1,62	1,62	38,4	
zeer zwaar flintglas		1,88	1,89	1,92	1,94	31,9	
ijs (273 K)			1,309			49,8	
kalkspaat (gewone straal)		1,65	1,65	1,67	1,68	37,3	0,2-2
(buitengewone straal)		1,48	1,49	1,49	1,49	42,2	0,2-2
kwarts (gewone straal)		1,54	1,54	1,55	1,55	40,5	< 7
(buitengewone straal)		1,55	1,55	1,56	1,56	40,2	
perspex (plexiglas)		1,49	1,49	1,50	1,50	42,2	0,34-2

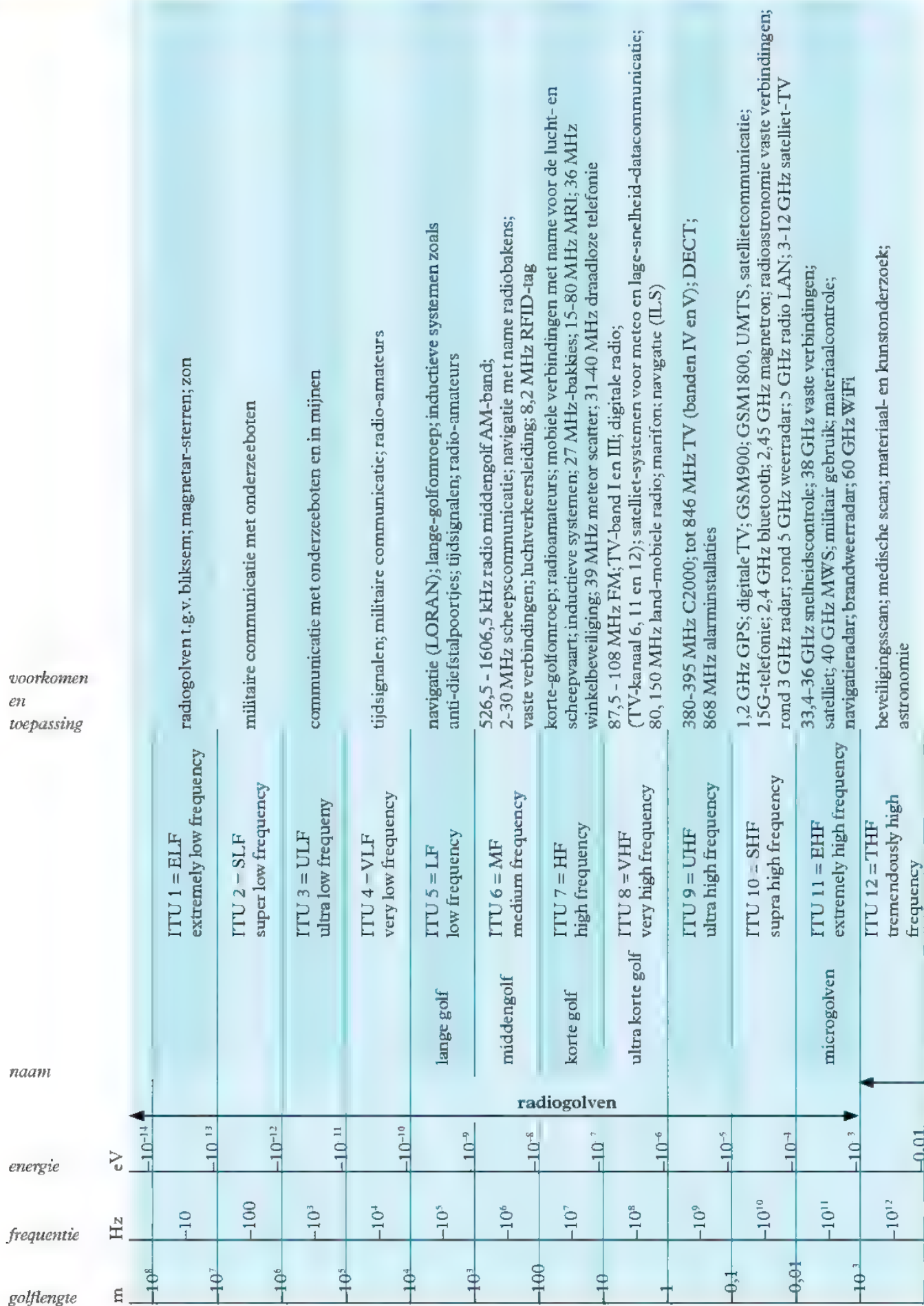
vloeistoffen	golflengte →	brekingsindex t.o.v. lucht				grenshoek in graden
		687 nm rood	589 nm geel	486 nm blauw	434 nm violet	589 nm geel
$T = 293 \text{ K}, p = p_0$						
aceton		1,357	1,359	1,364		47,4
alcohol [ethanol]		1,359	1,362	1,366	1,371	47,2
benzeen		1,494	1,501	1,513	1,520	41,8
cederolie		1,50	1,51			41,5
ether [ethoxyethaan]		1,350	1,353	1,357	1,361	47,4
fosfor in koolstofdissulfide	> 1,95					< 31
glycerol		1,466	1,469	1,475	1,480	42,9
keukenzoutoplossing (1 mol L <sup>-1</sup> )			1,38			46,4
koolstofdissulfide		1,615	1,628	1,652	1,677	37,9
tetra [tetrachloormethaan]		1,459	1,460	1,461	1,461	43,2
water		1,330	1,333	1,337	1,341	48,6

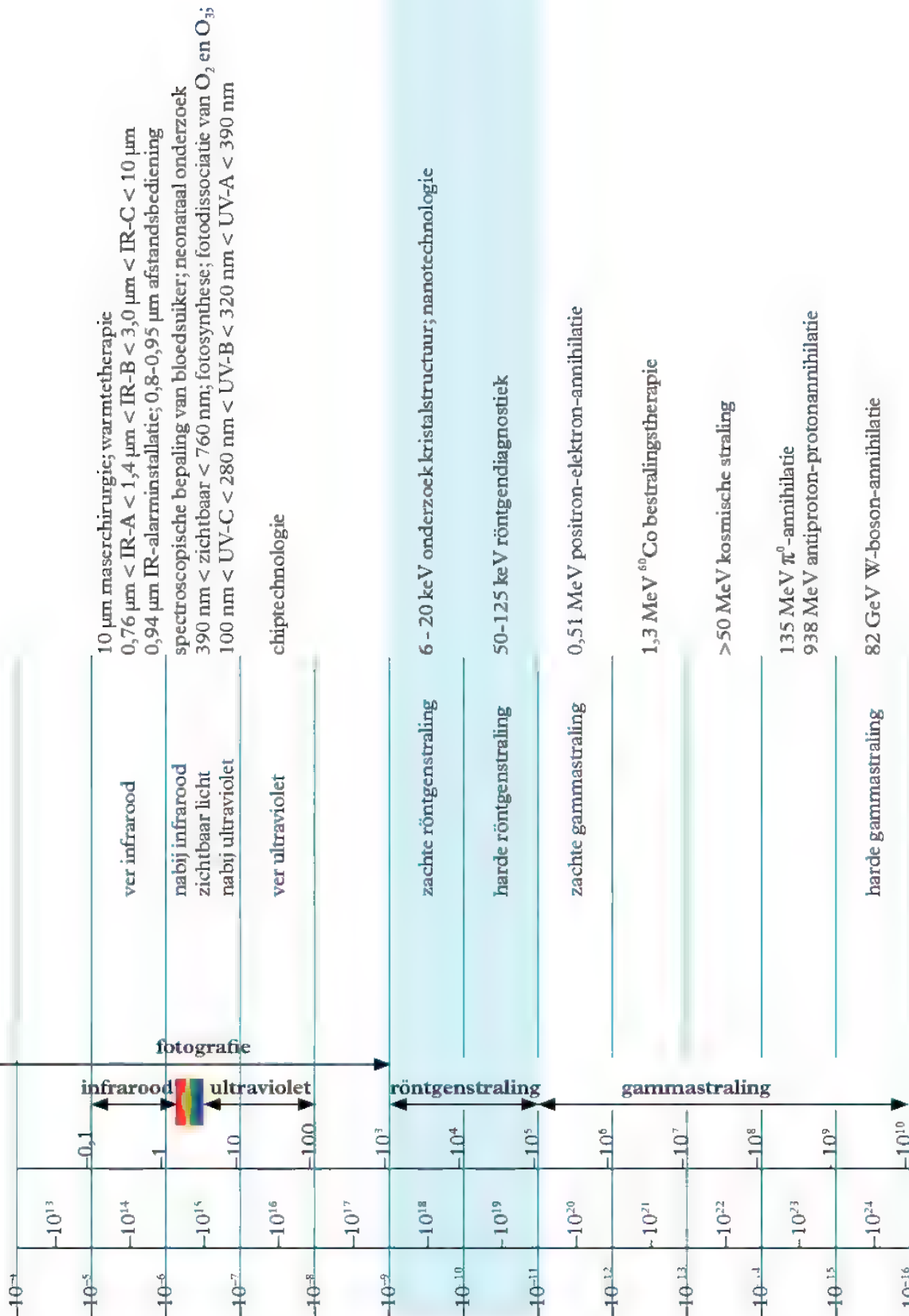
gassen	golflengte →	brekingsindex t.o.v. vacuum
		589 nm geel
$T = 273 \text{ K}, p = p_0$		
helium		1,000 035
koolstofdioxide		1,000 449
lucht		1,000 292
waterdamp		1,000 256
zuurstof		1,000 271
zwaveldioxide		1,000 69

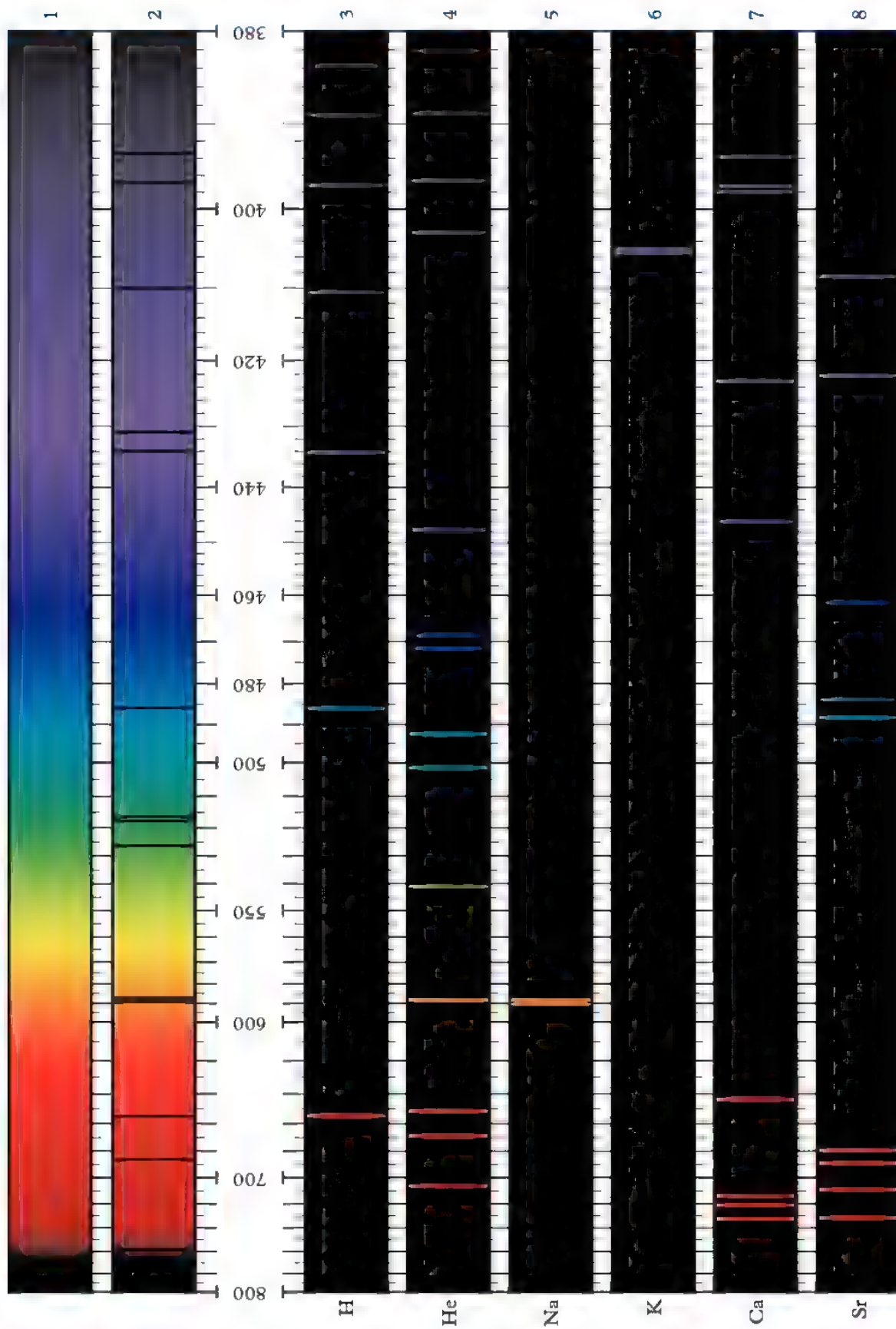
het oog (mens)	golflengte →	brekingsindex t.o.v. lucht
		589 nm geel
$T = 293 \text{ K}, p = p_0$		
glasachtig lichaam		1,337
hoornvlies		1,376
kamervocht		1,336
ooglen		1,41



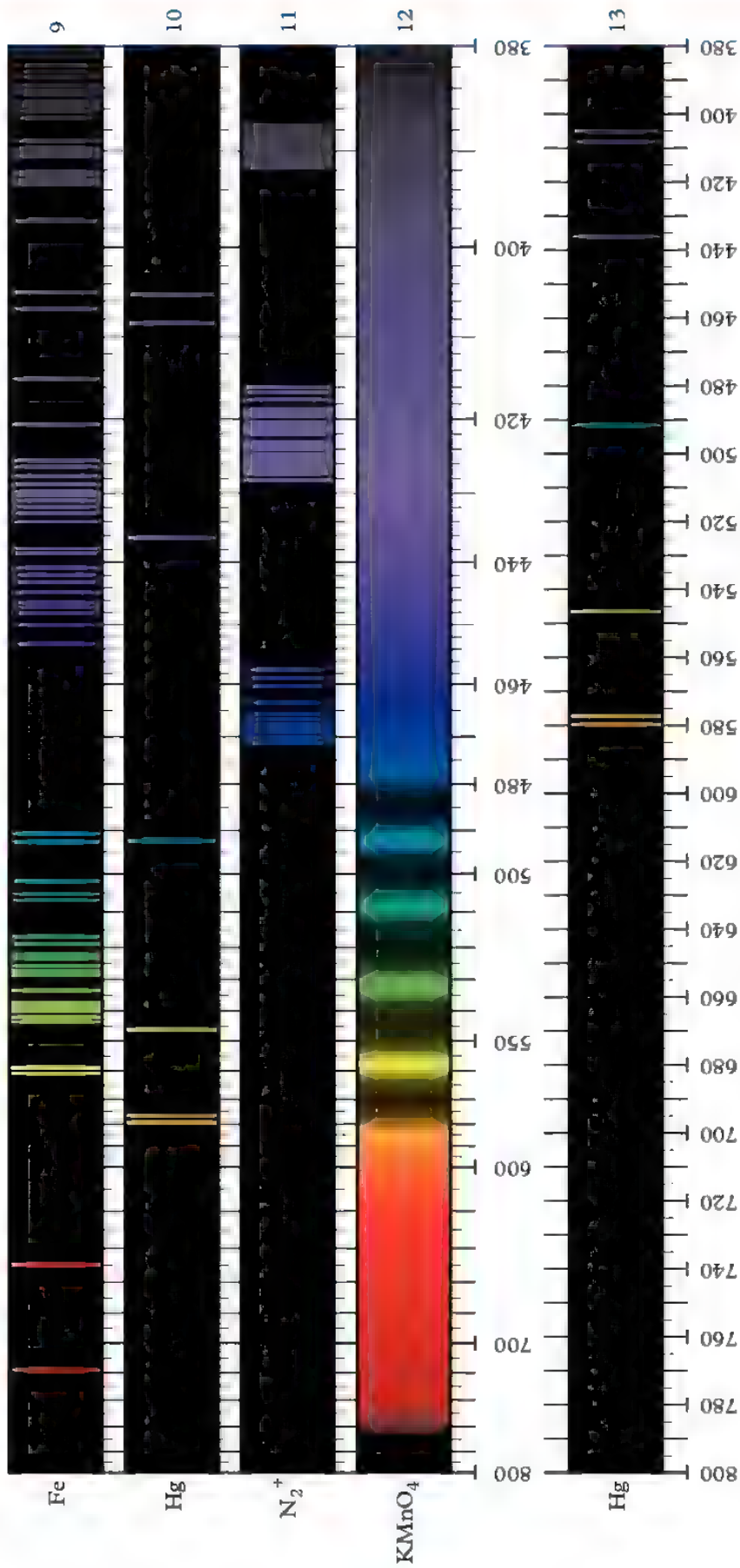
	<i>golflengte (in vacuüm)</i>	<i>frequentie</i>	<i>energie</i>	<i>energie</i>
	nm	10 <sup>15</sup> Hz	10 <sup>-18</sup> J	eV
(IR)	750	0,400	0,265	1,65
	730	0,411	0,272	1,70
rood	700	0,428	0,284	1,77
	680	0,441	0,292	1,82
oranje	650	0,461	0,306	1,91
	630	0,476	0,315	1,97
geel	600	0,500	0,331	2,07
	590	0,508	0,337	2,10
	570	0,526	0,348	2,18
groen	550	0,545	0,361	2,25
	530	0,566	0,374	2,34
	510	0,588	0,389	2,43
	500	0,600	0,397	2,48
blauw	480	0,625	0,414	2,58
	450	0,666	0,441	2,76
violet	420	0,714	0,473	2,95
	400	0,749	0,497	3,10
(UV)	380	0,789	0,523	3,26
	350	0,857	0,568	3,54











De golflengten zijn aangegeven in nm.

1 continu spectrum van een gloeiend voorwerp

2 zonnespectrum met fraunhoferlijnen

3-10 emissiespectra van enkele elementen

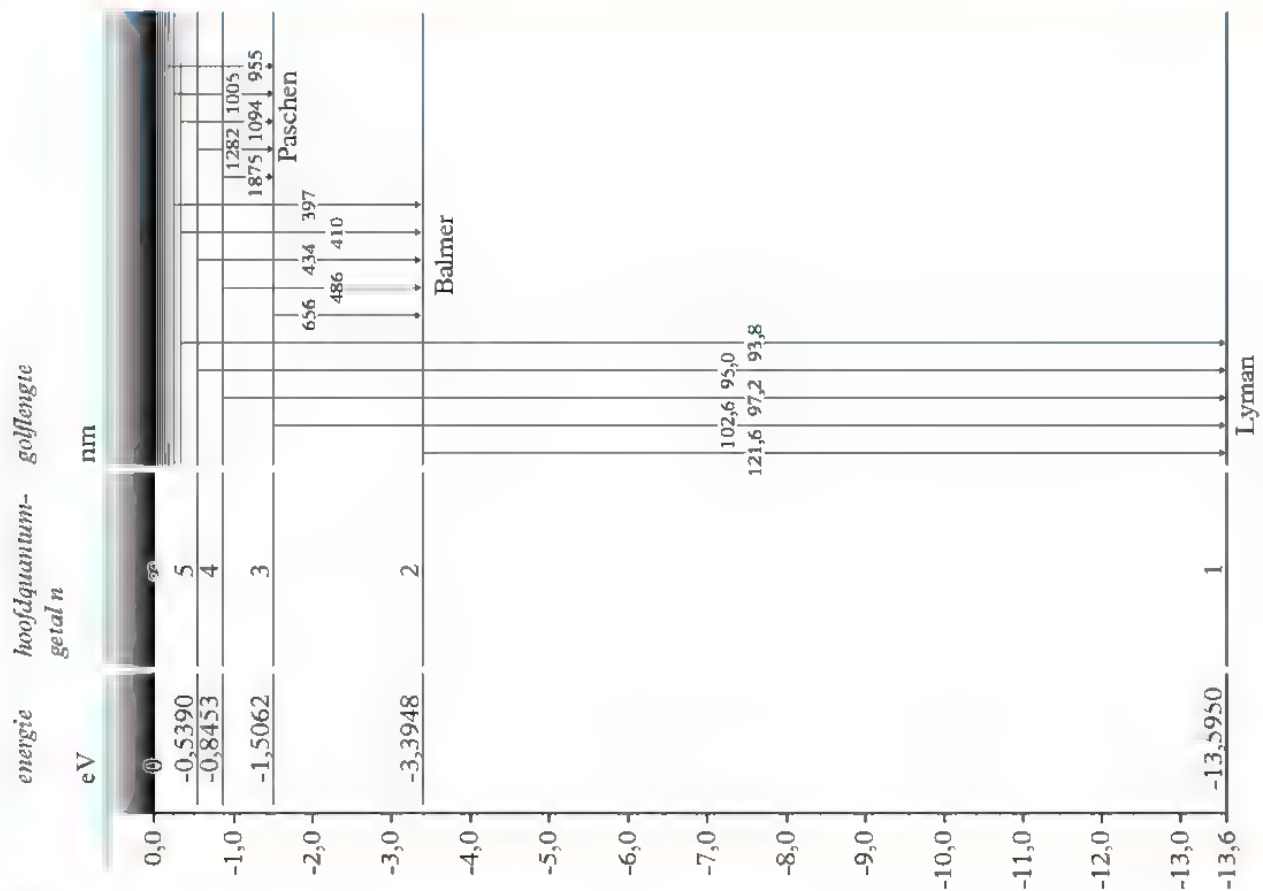
11 emissiebandenspectrum van  $N_2^+$

12 absorptiebandenspectrum van  $KMnO_4$

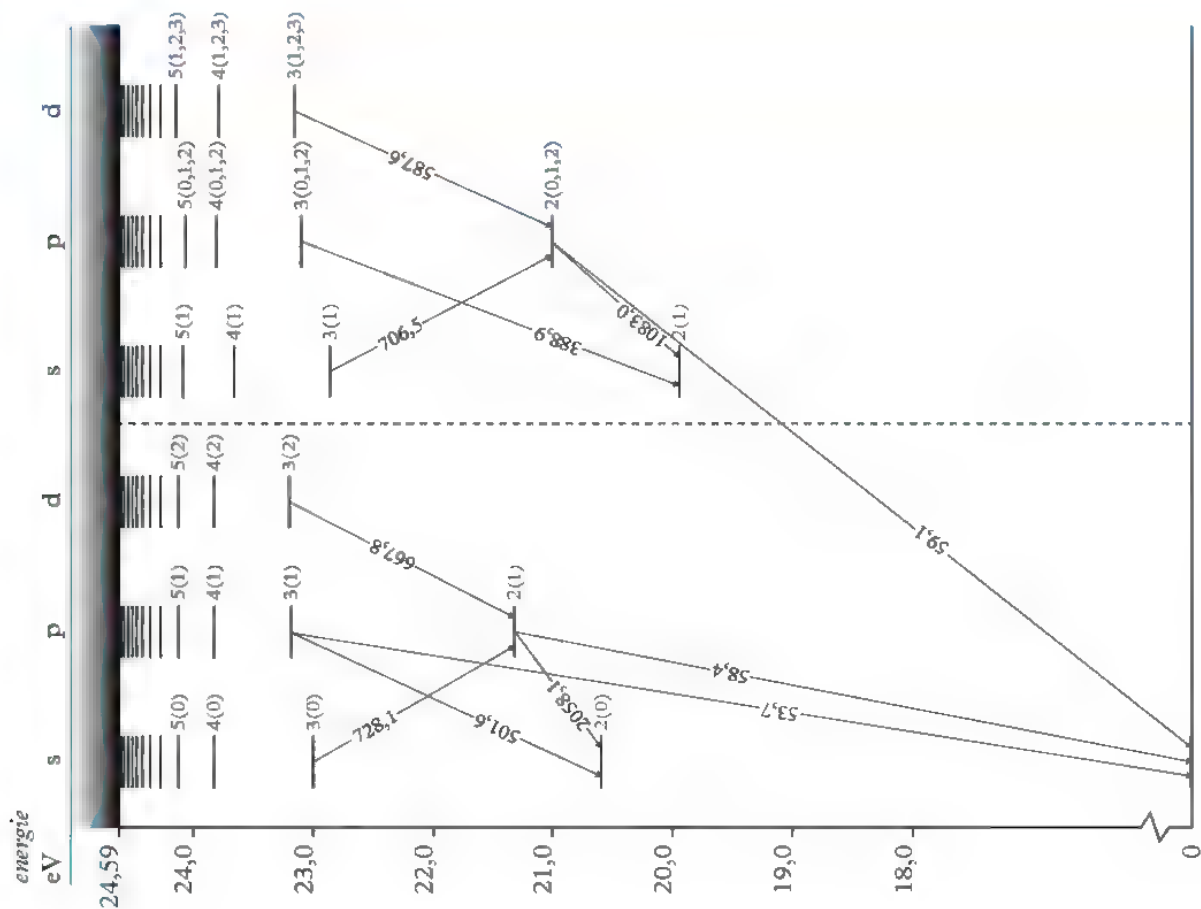
13 traliespectrum van kwikdamp

1-12 spectra ontworpen met behulp van een prisma

13 spectrum ontworpen met behulp van een tralie



De aangegeven golflengten gelden in vacuüm.



De aangegeven golflengten gelden in vacuüm.

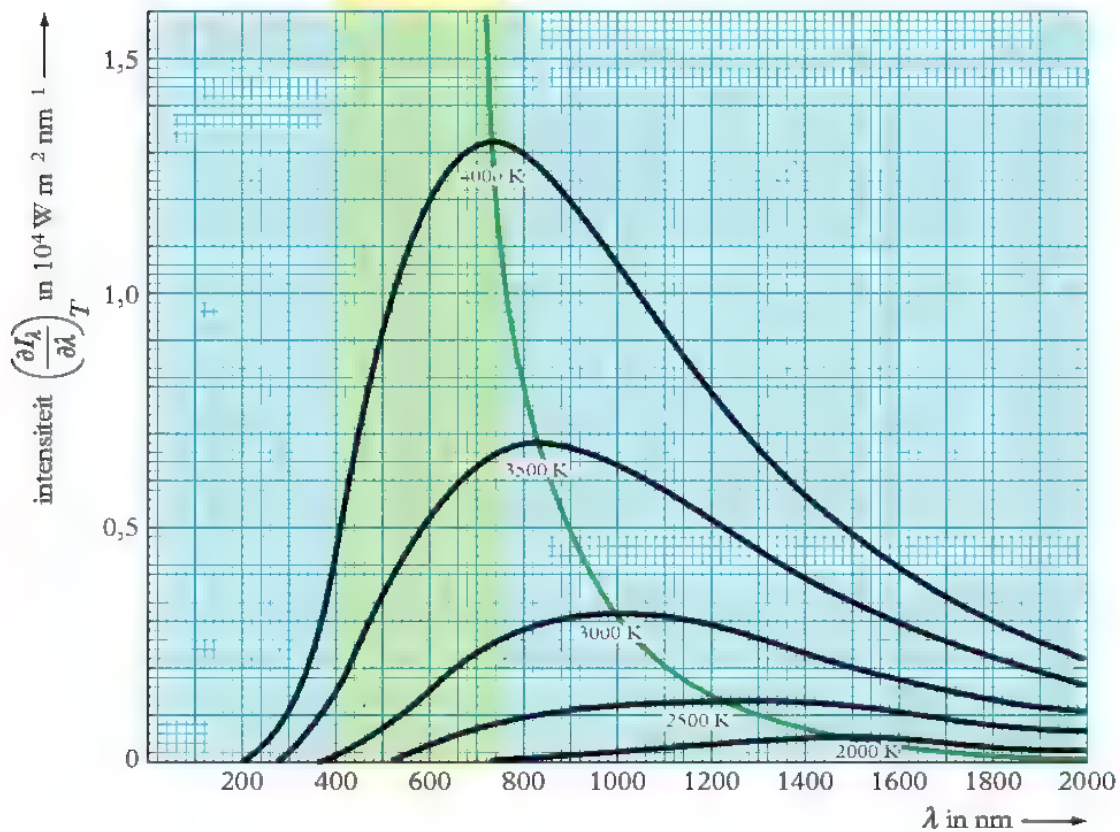
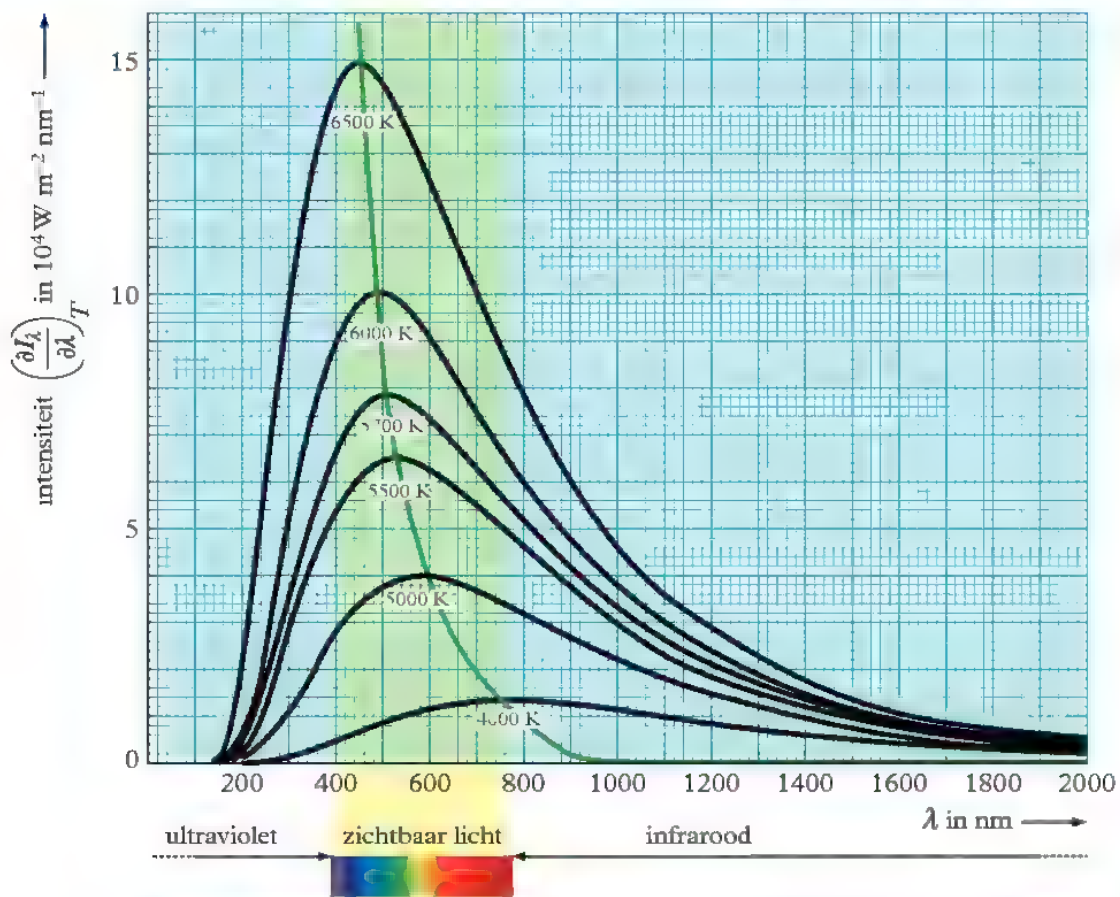
voor elektronen 1, 2, 3 ... in eV

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 H	13,60											
2 He	24,59	54,40										
3 Li	5,39	75,64	122,4									
4 Be	9,32	18,21	153,9	217,7								
5 B	8,30	25,16	37,9	259,3	340							
6 C	11,26	24,38	47,9	64,5	392	490						
7 N	14,53	29,60	47,4	77,5	98	552	667					
8 O	13,62	35,12	54,9	77,4	114	138	739	871				
9 F	17,42	34,98	62,7	87,2	114	157	185	936	1102			
10 Ne	21,57	40,96	63,5	97,2	126	158	207	239	1195	1360		
11 Na	5,14	47,29	71,8	98,9	139	172	208	264	300	1465	1646	
12 Mg	7,65	15,04	78,2	109,3	141	187	225	266	328	367	1761	1959
13 Al	5,99	18,83	28,4	120,0	154	190	242	285	330	399	442	2071
14 Si	8,15	16,35	33,5	45,1	167	205	246	304	352	401	476	523
15 P	10,49	19,72	30,2	51,4	65	220	263	309	373	425	476	560
16 S	10,36	23,40	34,8	47,3	73	88	281	328	379	449	506	567
17 Cl	12,97	23,80	39,9	53,3	68	97	114	349	400	455	531	593
18 Ar	15,76	27,62	40,9	59,8	75	91	124	143	423	479	539	620
19 K	4,34	31,81	45,9	61,1	83	99	118	154	176	504	563	629
20 Ca	6,11	11,87	51,2	67,3	84	109	128	143	188	211	592	657
36 Kr	14,00	24,56	36,9	52,5	65	79	111	126	234	300		
37 Rb	4,18	27,50	40	52,6	71	84	99	136	150	277		
38 Sr	5,70	11,03	43,6	57,1	72	91	106	122	162	177	324	
54 Xe	12,13	21,21	32,1	45	57	89	102	126	218	238		
55 Cs	3,89	25,10	34,6	46	62	74	108	122	150	256		
56 Ba	5,21	10,00	37	49	62	80	93	127	144	158		
80 Hg	10,44	18,76	34,2	46	61	77	94	120	139	159		
86 Rn	10,75	21,4	29,4	44	55	67	97	111	166	190		

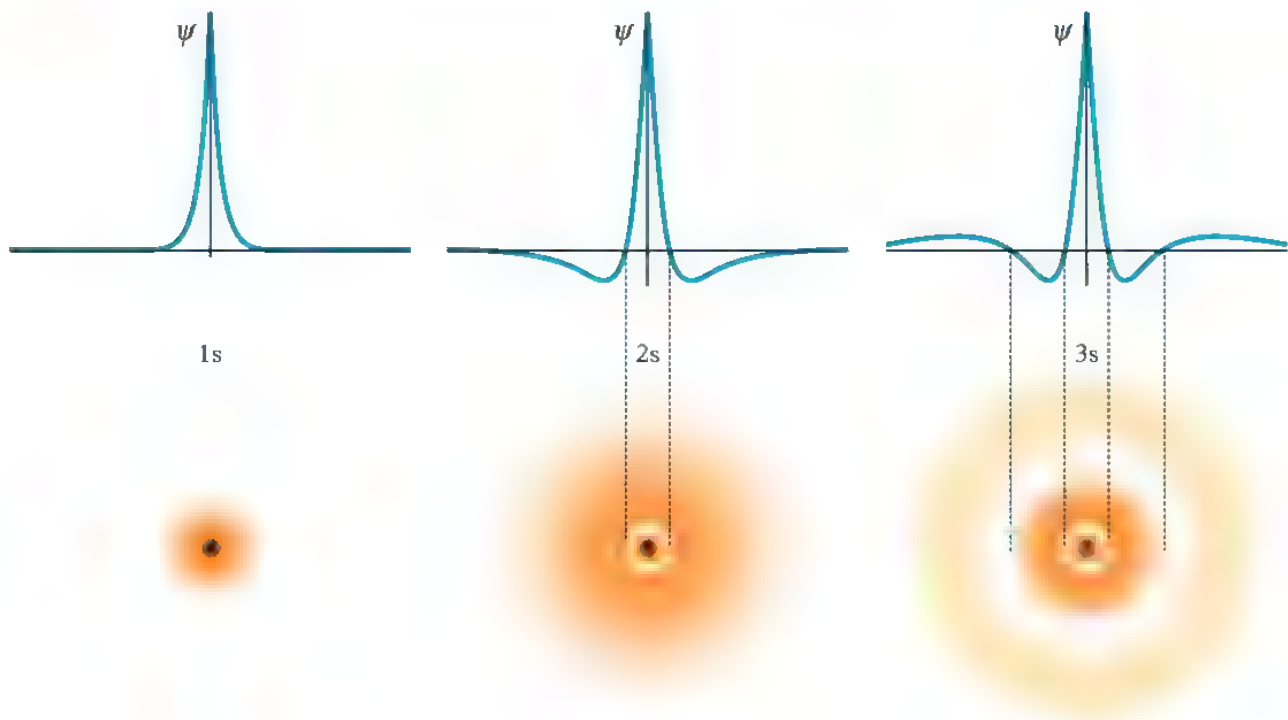
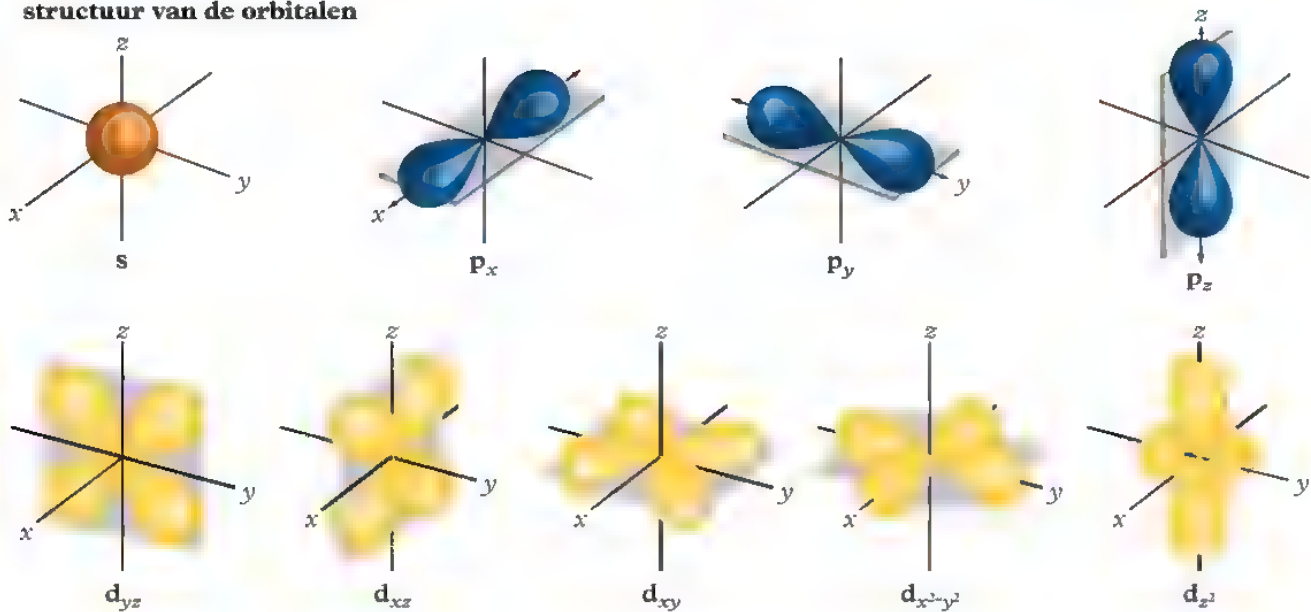
► berekende waarden

plasma	elektronen- dichtheid	elektronen- temperatuur	toepassing
	$\text{m}^{-3}$	$\text{eV } k_B^{-1}$	
zon (inwendig)	$5 \cdot 10^{31}$	$1,5 \cdot 10^3$	
zon (oppervlak)	$10^{21}$	0,6	
tokamak	$10^{20}$	$10^4$	energie-onderzoek
hogedruk-lamp	$10^{22}$	0,6	stadionverlichting
lasboog	$10^{23}$	1	lassen
lagedruk-lamp	$3 \cdot 10^{17}$	1 - 3	TL, spaarlamp
He-Ne-laser	$10^{17}$	3	practicum, bouwmeten, landmeten
gasvlam	$10^{17}$	0,1	eten koken

voor zwarte stralers





**bolsymmetrische golffuncties met bijbehorende waarschijnlijkheidsverdeling**

**structuur van de orbitalen**


■ Covalente  $\sigma$ -,  $\pi$ -bindingen door overlapping van orbitalen.

## Madelung energie ordening: opvulschema orbitalen

schil	maximaal aantal elektronen			
	$s^2$	$p^6$	$d^{10}$	$f^{14}$
1 K	1s			
2 L	2s	2p		
3 M	3s	3p	3d	
4 N	4s	4p	4d	4f
5 O	5s	5p	5d	5f
6 P	6s	6p	6d	
7 Q	7s	7p		

Voorbeelden:  ${}_{28}\text{Ni}$ :  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^8$

${}_{55}\text{Cs}$ :  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^{10}, 4p^6, 5s^2, 4d^{10}, 5p^6, 6s^1$

■ Zie ook tabel 99.

## Foto-elektrisch effect

	uittree-energie	grensfrequentie	grensgolflengte		uittree-energie	grensfrequentie	grensgolflengte
	eV	$10^{15}$ Hz	nm		eV	$10^{15}$ Hz	nm
Ag	4,70	1,14	264	Hg	4,53	1,09	273
Al	4,20	1,02	295	K	2,25	0,54	551
Au	4,71	1,14	263	Li	2,46	0,59	504
B	4,60	1,11	270	Mg	3,70	0,89	335
Ba	2,52	0,61	492	Mn	3,95	0,95	314
Be	3,92	0,95	316	Na	2,28	0,55	544
C	4,36	1,05	284	Ni	4,91	1,19	253
Ca	3,20	0,77	387	Pb	4,04	0,98	307
Cd	4,04	0,98	307	Rb	2,13	0,51	582
Ce	2,88	0,70	431	Sb	4,56	1,10	272
Co	4,25	1,03	292	Sc	4,87	1,18	255
Cs	1,94	0,47	639	Si	3,59	0,87	345
Cu	4,48	1,08	277	Sr	2,74	0,66	452
Fe	4,63	1,12	268	Th	3,47	0,84	357
Ga	4,16	1,01	298	Ti	4,65	1,12	267
Ge	4,62	1,12	268	Zn	4,27	1,03	290



atoom- nummer	symbool	massagetal	relatieve atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje <sup>1</sup>
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
0	n	1	1,008665		10,2 min	$\beta^-$ en $p^+$
1	H	1	1,007825	99,989	$> 7 \cdot 10^{30}$ y	
		2	2,014102	0,011	—	—
		3	3,016049		12,3 y	$\beta^-$ 0,018
2	He	3	3,016029	0,00014	—	—
		4	4,002603	100	—	—
		6	6,018889		0,807 s	$\beta^-$ 3,5
3	Li	6	6,015122	7,59	—	—
		7	7,016004	92,41	—	—
		8	8,022486		0,838 s	$\beta^-$ 12,0
4	Be	7	7,016929		54 d	$\gamma$ , K-vangst <sup>2</sup>
		8	8,005305		$10^{16}$ s	2 $\alpha$
		9	9,012182	100	—	—
		10	10,013534		$1,5 \cdot 10^6$ y	$\beta^-$ 0,555
5	B	8	8,024607		0,770 s	$\beta^+$ 14
		10	10,012937	19,9	—	—
		11	11,009305	80,1	—	—
		12	12,014352		0,020 s	$\beta^-$ 13,4, $\gamma$
6	C	10	10,016853		19,2 s	$\beta^+$ 2,2
		11	11,011433		20,4 min	$\beta^+$ 0,95, K-vangst
		12	12,000000 <sup>3</sup>	98,93	—	—
		13	13,003354	1,07	—	—
		14	14,003242		5730 y	$\beta^-$ 0,156
		12	12,01861		0,0110 s	$\beta^+$ 16,6
7	N	13	13,00574		9,97 min	$\beta^+$ 0,92
		14	14,00307	99,63	—	—
		15	15,00011	0,37	—	—
		16	16,00610		7,13 s	$\beta^-$ 10,0, $\gamma$
		15	15,00307		122 s	$\beta^+$ 1,7
		16	15,99491	99,76	—	—
8	O	17	16,99913	0,038	—	—
		18	17,99916	0,20	—	—
		19	19,00358		26,9 s	$\beta^-$ 3,0, $\gamma$
		19	18,99840	100	—	—
9	F	20	19,99244	90,48	—	—
		21	20,99384	0,27	—	—
		22	21,99138	9,25	—	—
		24	23,99361		3,38 min	$\beta^-$ 1,4, $\gamma$
10	Ne	22	21,99444		2,6 y	$\beta^+$ 1,8, $\gamma$
		23	22,98977	100	—	—
		24	23,99096		14,96 h	$\beta^-$ 1,39, $\gamma$
		22	21,99957		3,9 s	$\beta^+$ 4,8, K-vangst
11	Mg	24	23,98504	78,99	—	—
		25	24,98584	10,00	—	—
		26	25,98259	11,01	—	—
		28	27,98388		20,9 h	$\beta^-$ 0,460
12	Al	26	25,98689		$7,17 \cdot 10^7$ y	$\beta^+$ 2,99
		27	26,98154	100	—	—
		28	27,98191		2,4 min	$\beta^-$ 3,0, $\gamma$
13	Si	28	27,97693	92,23	—	—
		29	28,97649	4,68	—	—



## Isotopentabel

atoom- nummer	symbool	massagetal	relatieve atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje <sup>1</sup>
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
14 (vervolg)	Si	30	29,97377	3,09	–	–
		31	30,97536		2,6 h	$\beta^-$ 1,48
		32	31,97415		150 y	$\beta^-$ 0,21
15	P	30	29,97831		2,50 min	$\beta^+$ 3,5
		31	30,97376	100	–	–
		32	31,97391		14,3 d	$\beta^-$ 1,71
		33	32,97173		25,3 d	$\beta^-$ 0,26
16	S	32	31,97207	94,93	–	–
		33	32,97146	0,76	–	–
		34	33,96787	4,29	–	–
		35	34,96903		87,3 d	$\beta^-$ 0,167
		36	35,96708	0,02	–	–
		38	37,97116		2,84 h	$\beta^-$ 1,10
17	Cl	34	33,97375		1,53 s	$\beta^+$ 4,5, $\gamma$
		35	34,96885	75,78	–	–
		36	35,96831		$3,01 \cdot 10^5$ y	$\beta^-$ 0,66, $\beta^+$ , K-vangst
		37	36,96590	24,22	–	–
		38	37,96801		37,2 min	$\beta^-$ 4,81, $\gamma$
		39	38,96801		55,5 min	$\beta^-$ 2,5
18	Ar	36	35,96755	0,34	–	–
		37	36,96678		35,0 d	K-vangst
		38	37,96273	0,06	–	–
		39	38,96431		269 y	$\beta^-$ 0,565
		40	39,96238	99,6	–	–
19	K	39	38,96371	93,26	–	–
		40	39,96400	0,01	$1,28 \cdot 10^9$ y	$\beta^-$ 1,33, K-vangst, $\gamma$
		41	40,96183	6,73	–	–
		42	41,96240		12,4 h	$\beta^-$ 3,55, $\gamma$
20	Ca	40	39,96259	96,9	–	–
		41	40,96228		$1,1 \cdot 10^5$ y	K-vangst
		42	41,95862	0,65	–	–
		43	42,95877	0,14	–	–
		44	43,95549	2,1	–	–
		45	44,95619		163 d	$\beta^-$ 0,256
		46	45,95369	0,004	–	–
		47	46,95455		4,54 d	$\beta^-$ 1,4, $\gamma$
		48	47,95253	0,187	–	–
21	Sc	41	40,96925		0,60 s	$\beta^+$ 4,94
22	Ti	44	43,95969		0,67 y	K-vangst
23	V	50	49,94716	0,25	$1 \cdot 10^{17}$ y	$\beta^-$ , $\gamma$
		51	50,94396	99,75	–	–
24	Cr	51	50,94477		27,7 d	$\gamma$ , K-vangst
		52	51,94051	83,8	–	–
		53	52,94065	9,5	–	–
25	Mn	54	53,94036		312 d	K-vangst, $\gamma$
		55	54,93805	100	–	–
26	Fe	54	53,93961	5,85	–	–
		55	54,93830		2,7 y	K-vangst
		56	55,93494	91,75	–	–
		57	56,93540	2,12	–	–
		58	57,93328	0,28	–	–
		59	58,93488		45 d	$\beta^-$ 1,56, $\gamma$

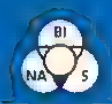


atoom- nummer	symbool	massagetal	relatieve atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje <sup>1)</sup>
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
27	Co	56	55,93984		77 d	$\beta^+$ 1,5, $\gamma$ , K-vangst
		57	56,93630		272 d	K-vangst, $\gamma$
		58	57,93576		70,9 d	$\beta^+$ 0,58, $\gamma$ , K-vangst
		59	58,93320	100	–	–
		60	59,93382		5,27 y	$\beta^-$ 0,315 (0,12% 1,48), $\gamma$
28	Ni	58	57,93535	68,1	–	–
		60	59,93079	26,2	–	–
		61	60,93106	1,1	–	–
		62	61,92835	3,6	–	–
		63	62,92967		100 y	$\beta$ 0,062
		64	63,92797	0,9	–	–
		65	64,93009		2,5 h	$\beta$ 2,10, $\gamma$
29	Cu	63	62,92960	69,17	–	–
		64	63,92977		12,7 h	$\beta^-$ 0,573, $\beta^+$ , K-vangst
		65	64,92779	30,83	–	–
30	Zn	64	63,92915	48,6	–	–
		65	64,92925		244 d	$\beta^+$ 0,33, K-vangst, $\gamma$
		66	65,92603	27,9	–	–
		67	66,92713	4,1	–	–
		68	67,92485	18,8	–	–
		69	68,92655		56 min	$\beta^-$ 0,90
		70	69,92533	0,6	–	–
31	Ga	67	66,92821		3,26 d	K-vangst, $\gamma$
		69	68,92558	60,1	–	–
		71	70,92470	39,9	–	–
		72	71,92637		14,1 h	$\beta$ 3,16
32	Ge	74	73,92118	35,94	–	–
33	As	74	73,92383		18 d	$\beta^-$ 1,4, $\beta^+$ 0,94, $\gamma$
		75	74,92159	100	–	–
		76	75,92239		1,08 d	$\beta^-$ 2,97
		77	76,92065		40 h	$\beta^-$ 0,68
34	Se	80	79,91652	49,6	–	–
35	Br	79	78,91834	50,7	–	–
		80	79,91853		17,7 min	$\beta^-$ 2,0, $\beta^+$
		81	80,91629	49,3	–	–
		82	81,91681		35,3 h	$\beta$ 0,465, $\gamma$
		87	86,92034		55 s	$\beta$ 8,0, $\gamma$
36	Kr	80	79,91638	2,25	–	–
		81	80,91659		$2,3 \cdot 10^5$ y	K-vangst
		81m <sup>24</sup>	80,91681		13 s	$\gamma$
		82	81,91348	11,6	–	–
		83	82,91414	11,5	–	–
		84	83,91151	57,0	–	–
		85	84,91253		10,7 y	$\beta^-$ 0,85, $\gamma$
		86	85,91062	17,3	–	–
		87	86,91336		76,3 min	$\beta^-$ 3,8, $\gamma$
37	Rb	89	88,91676		3,2 min	$\beta^-$ 4,0
		81	80,91900		4,6 h	$\beta^-$ 1,05, K-vangst, $\gamma$
		85	84,91179	72,2	–	–
		86	85,91117		18,6 d	$\beta$ 1,77, $\gamma$
		87	86,90919	27,8	$4,8 \cdot 10^{10}$ y	$\beta$ 0,274

## Isotopentabel

atoom- nummer	symbool	massagetal	relatieve atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje <sup>1</sup>
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
38	Sr	87	86,908 88	7,0	–	–
		88	87,905 62	82,6	–	–
		89	88,907 46		51 d	$\beta^-$ 1,5, $\gamma$
		90	89,907 74		28 y	$\beta^-$ 0,6
		94	93,915 23		1,3 min	$\beta^-$ 2,1, $\gamma$
39	Y	88	87,909 51		107 d	$\beta^+$ 0,83, $\gamma$
		89	88,905 86	100	–	–
		90	89,905 85		64 h	$\beta^-$ 2,3, $\gamma$
40	Zr	90	89,904 70	51,5	–	–
41	Nb	93	92,906 38	100	–	–
42	Mo	99	98,907 71		65,9 h	$\beta^-$ 1,23, $\gamma$
43	Tc	99	98,906 25		$2,1 \cdot 10^5$ y	$\beta^-$ 0,32
		99m <sup>+</sup>	98,906 40		6,0 h	$\gamma$
44	Ru	102	101,904 34	31,6	–	–
		103	102,906 32		40 d	$\beta^-$ 6,84, $\gamma$
		104	103,905 42	18,6	–	–
45	Rh	103	102,905 50	100	–	–
46	Pd	107	106,905 13		–	–
47	Ag	107	106,905 09	51,8	–	–
		108	107,905 95		2,37 min	$\beta^-$ 1,49, $\gamma$
		109	108,904 76	48,2	–	–
		110	109,906 11		25 s	$\beta^-$ 2,8
48	Cd	108	107,904 18	0,9	–	–
		109	108,904 95		463 d	K-vangst, $\gamma$
		110	109,903 01	12,5	–	–
49	In	111	110,905 11		2,8 d	K-vangst, $\gamma$
		113	112,904 06	4,3	–	–
		114	113,904 92		72 s	$\beta^-$ 2,0, K-vangst
		115	114,903 88	95,7	$4,4 \cdot 10^{14}$ y	$\beta^-$ 0,50, $\gamma$
		116	115,905 23		13 s	$\beta^-$ 2,8
50	Sn	113	112,905 17		115 d	K-vangst, $\gamma$
		115	114,903 35	0,34	–	–
		116	115,901 75	14,53	–	–
		120	119,902 20	32,58	–	–
		121	120,904 23		27,1 h	$\beta^-$ 0,4
51	Sb	121	120,903 82	57,2	–	–
		122	121,905 18		2,72 d	$\beta^-$ , $\beta^+$ 1,98, $\gamma$
		123	122,904 22	42,8	–	–
52	Te	128	127,904 46	31,7	–	–
53	I	123	122,905 61		13,2 h	K-vangst, $\gamma$
		125	124,904 62		59 d	K-vangst, $\gamma$
		127	126,904 47	100	–	–
		128	127,905 87		25,0 min	$\beta^-$ 2,02 $\gamma$
		131	130,906 12		8,0 d	$\beta^-$ 0,60, $\gamma$
54	Xe	128	127,903 53	1,92	–	–
		132	131,904 14	26,9	–	–
		133	132,905 91		5,2 d	$\beta^-$ 0,35, $\gamma$
		140	139,921 44		16 s	$\beta^-$ , $\gamma$
55	Cs	133	132,905 43	100	–	–
		137	136,907 09		30 y	$\beta^-$ 1,17, $\gamma$
56	Ba	133	132,906 00		10,8 y	K-vangst, $\gamma$

atoom- nummer	symbool	massagetal	relatieve atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje <sup>1</sup>
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
56 (vervolg)	Ba	137	136,90581	11,2	–	–
		137m <sup>+</sup>	136,90652		2,6 min	γ
		138	137,90523	71,7	–	–
		140	139,91060		12,8 d	β <sup>-</sup> 1,02, γ
		144	143,92267		11,9 s	β <sup>-</sup>
57	La	138	137,90711	0,09	1,1 · 10 <sup>11</sup> y	β <sup>-</sup> 0,21, K-vangst
		140	139,90947		1,7 d	β <sup>-</sup> 1,35, γ
58	Ce	139	138,90665		138 d	K-vangst, γ
		140	139,90543	88,5	–	–
		141	140,90822		32 d	β 0,56, γ
		142	141,90925	11,1	5 · 10 <sup>16</sup> y	–
59	Pr	141	140,90765	100	–	–
60	Nd	142	141,90772	27,2	–	–
61	Pm	145	144,91274		17,7 y	α, K-vangst
62	Sm	147	146,91491	15,0	17,7 y	α 2,1, β 0,210, γ
63	Eu	152	151,92174		13,5 y	β <sup>-</sup> , K-vangst
64	Gd	158	157,92402	24,8	–	–
65	Tb	158	157,92541		180 y	β <sup>-</sup> , K-vangst
66	Dy	154	153,92442		3 · 10 <sup>6</sup> y	α
67	Ho	163	162,92873		4570 y	K-vangst
68	Er	169	168,93459		9,40 d	β
69	Tm	171	170,93643		1,92 y	β
70	Yb	169	168,93519		32,03 d	K-vangst
71	Lu	176	175,94268	2,6	2,2 · 10 <sup>10</sup> y	β 0,430, γ
72	Hf	180	179,94655	35,1	–	–
		181	180,94910		43 d	β 0,41, γ
73	Ta	181	180,94799	99,99	–	–
		182	181,95015		115 d	β <sup>-</sup> 0,53, γ
74	W	184	183,95093	30,7	–	–
		185	184,95342		74 d	β <sup>-</sup> 0,43, γ
		186	185,95436	28,6	–	–
75	Re	183	182,95082		70 d	K-vangst
76	Os	194	193,96518		6,0 y	β <sup>-</sup>
77	Ir	191	190,96058	37,3	–	–
		192	191,96260		74 d	β, β <sup>+</sup> , γ
		193	192,96292	62,7	–	–
78	Pt	195	194,96477	33,8	–	–
79	Au	192	191,96462		4,0 h	β 1,9, K-vangst, γ
		197	196,96654	100	–	–
80	Hg	202	201,97062	29,9	–	–
		203	202,97288		46,5 d	β <sup>-</sup> 0,208, γ
		204	203,97347	6,9	–	–
		205	204,97621		5,5 min	β <sup>-</sup> 1,75
81	Tl	203	202,97232	29,5	–	–
		204	203,97385		2,7 y	β <sup>-</sup> 0,76, K-vangst
		205	204,97440	70,5	–	–
		206	205,97610		4,2 min	β <sup>-</sup> 1,8
		207	206,97745		4,76 min	β <sup>-</sup> 1,47, γ
		208	207,98201		3,1 min	β 1,82, γ
		209	208,98530		2,2 min	β 1,8
		210	209,99005		1,32 min	β 1,80



## Isotopentabel

atoom- nummer	symbool	massagetal	relatieve atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje <sup>1</sup>
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
82	Pb	204	203,973 02	1,4	$1,4 \cdot 10^{17}$ y	$\gamma$
		206	205,974 44	24,1	—	—
		207	206,975 87	22,1	—	—
		208	207,976 63	52,4	—	—
		209	208,981 09		3,3 h	$\beta^-$ 0,644
		210	209,984 17		22,6 y	$\beta^-$ 0,025, $\gamma$
		211	210,988 73		36,1 min	$\beta^-$ 0,5, $\gamma$
		212	211,991 87		10,6 h	$\beta^-$ 0,59, $\gamma$
		214	213,999 77		26,8 min	$\beta^-$ 0,65, $\gamma$
83	Bi	207	206,978 46		35 y	K-vangst, $\gamma$
		209	208,980 40	100	—	—
		210	209,984 11		5,0 d	$\alpha$ 5,0, $\beta^-$ , $\gamma$
		211	210,987 30		2,16 min	$\alpha$ 6,62, $\beta^-$ , $\gamma$
		212	211,991 27		60,6 min	$\alpha$ 6,09, $\beta^-$ , $\gamma$
		213	212,994 32		45,6 min	$\alpha$ 6,0, $\beta^-$ 1,4
		214	213,998 69		19,9 min	$\alpha$ 5,6, $\beta^-$ 3,3
84	Po	209	208,982 40		102 y	$\alpha$ 4,09
		210	209,982 86		138 d	$\alpha$ 5,4, $\gamma$
		211	210,986 66		0,5 s	$\alpha$ 7,434
		212	211,988 87		$3 \cdot 10^{-7}$ s	$\alpha$ 8,776
		213	212,992 83		$3,2 \cdot 10^{-6}$ s	$\alpha$ 8,3
		214	213,995 19		$1,6 \cdot 10^{-4}$ s	$\alpha$ 7,68
		215	214,999 42		$1,83 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$ 7,365
		216	216,001 90		0,158 s	$\alpha$ 6,774, $\beta^-$
		218	218,008 93		3,05 min	$\alpha$ 5,998, $\beta^-$
85	At	215	214,998 66		$10^{-4}$ s	$\alpha$ 8,04
		216	216,002 41		$3 \cdot 10^{-4}$ s	$\alpha$ 7,64
		217	217,004 65		$2 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$ 7,0
		218	218,008 61		2 s	$\alpha$ 6,63
86	Rn	218	218,005 59		$1,9 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$ 7,1
		219	219,009 48		3,92 s	$\alpha$ 6,824
		220	220,011 38		55,6 s	$\alpha$ 6,4
		222	222,017 57		3,825 d	$\alpha$ 5,486
87	Fr	221	221,014 25		4,8 min	$\alpha$ 6,3
		223	223,019 73		21 min	$\beta^-$ 1,2, $\gamma$
		224	224,023 23		3,0 min	$\beta^-$ 2,8, $\gamma$
88	Ra	223	223,018 50		11,2 d	$\alpha$ 5,719, $\gamma$
		224	224,020 20		3,64 d	$\alpha$ 5,7
		226	226,025 40		$1,60 \cdot 10^3$ y	$\alpha$ 4,79, $\gamma$
		228	228,031 06		5,75 y	$\beta^-$ 0,046
89	Ac	225	225,023 22		10,0 d	$\alpha$ 5,8
		227	227,027 75		27,7 y	$\alpha$ 4,94, $\beta^-$ 0,04, $\gamma$
		228	228,031 10		6,13 h	$\alpha$ 4,54, $\beta^-$ , $\gamma$
90	Th	227	227,027 70		18,7 d	$\alpha$ 6,05, $\gamma$
		228	228,028 73		1,9 y	$\alpha$ 5,42, $\gamma$
		229	229,031 75		7900 y	$\alpha$ 5,02
		230	230,033 13		$7,5 \cdot 10^4$ y	$\alpha$ 4,68, $\gamma$
		231	231,036 30		1,06 d	$\beta^-$ 0,302, $\gamma$
		232 <sup>2</sup>	232,038 05	100	$1,4 \cdot 10^{10}$ y	$\alpha$ 3,98, $\gamma$
		233	233,041 58		22,2 min	$\beta^-$ 1,23
		234	234,043 60		24,1 d	$\beta^-$ 0,192, $\gamma$



atoom-nummer	symbool	massagetal	relatieve atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje <sup>1</sup>
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
91	Pa	231	231,03588		$3,25 \cdot 10^4$ y	$\alpha$ 4,66
		233	233,04024		27,0 d	$\beta^-$ 0,53
		234	234,04330		6,69 h	$\beta^-$ 2,2
92	U	233	233,03963		$1,6 \cdot 10^5$ y	$\alpha$ 4,83, $\beta^-$ , K-vangst, $\gamma$
		234	234,04095	0,006	$2,5 \cdot 10^5$ y	$\alpha$ 4,76
		235 <sup>2</sup>	235,04392	0,72	$7,04 \cdot 10^8$ y	$\alpha$ 4,52
		236	236,04556		$2,34 \cdot 10^7$ y	$\alpha$ 4,49, $\gamma$
		238 <sup>3</sup>	238,05078	99,274	$4,46 \cdot 10^9$ y	$\alpha$ 4,18, $\gamma$
93	Np	237	237,04817		$2,14 \cdot 10^6$ y	$\alpha$ 4,77, $\gamma$
		239	239,05293		2,4 d	$\beta^-$ 0,57, $\gamma$
94	Pu	239	239,05216		$2,4 \cdot 10^4$ y	$\alpha$ 5,2, $\gamma$
		240	240,05381		6561 y	$\alpha$ 5,1
		241 <sup>4</sup>	241,05684		14 y	$\alpha$ 4,91, $\beta^-$
		244	244,06420		$8,2 \cdot 10^7$ y	$\alpha$ 4,7
95	Am	241	241,05682		432 y	$\alpha$ 5,6, $\gamma$
		243	243,06138		$7,4 \cdot 10^3$ y	$\alpha$ 5,4, $\gamma$
96	Cm	245	245,0655		$8,5 \cdot 10^3$ y	$\alpha$ 5,6, $\gamma$
		247	247,0704		$1,6 \cdot 10^7$ y	$\alpha$ 5,4, $\gamma$
97	Bk	247	247,0703		1400 y	$\alpha$ 5,9
98	Cf	251	251,0796		898 y	$\alpha$ 6,2
99	Es	252	252,0829		1,29 y	$\alpha$ , $\beta^-$ , K-vangst,
100	Fm	249	249,0789		3 min	$\alpha$ 7,5, K-vangst
		257	257,0951		100 d	$\alpha$ 6,5, $\gamma$
101	Md	255	255,0911		27 min	$\alpha$ 7,30, K-vangst
		257	257,0955		5,5 h	K-vangst, $\alpha$ 7,2
102	No	259	259,1009		58 min	$\alpha$ , K-vangst
103	Lr	257	257,0996		0,7 s	$\alpha$ 8,6, K-vangst
104	Rf	259	259,1055		3 s	$\alpha$ 9,2
		260	260,1063		$20 \cdot 10^{-3}$ s	splijting
105	Db	260	260,1114		1,5 s	$\alpha$ 9,1
		262	262,1138		34 s	$\alpha$ 8,5, splijting
106	Sg	259	259,1147		0,5 s	$\alpha$ 9,6, splijting
		263	263,1182		0,8 s	$\alpha$ 9,1, splijting
107	Bh	261	261,1218		$12 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$ 10,4, splijting
108	Hs	267	267,1318		$60 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$ 9,8
109	Mt	268	268,1388		0,07 s	$\alpha$ 10
110	Ds	271	271,1461		0,06 s	$\alpha$
111	Rg	272	272,1536		$1,5 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$
112	Cn	277	277,1640		$0,24 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$
113	Nh	286			9,5 s	$\alpha$
114	Fl	290			19 s	$\alpha$
115	Mc	290			0,65 s	$\alpha$
116	Lv	293			0,05 s	$\alpha$
117	Ts	293			0,05 s	$\alpha$
118	Og	294			$0,6 \cdot 10^{-3}$ s	$\alpha$

■ Blauwe achtergrond betekent: van dit element zijn niet alle in de natuur voorkomende isotopen in de tabel opgenomen.

1 ► De opgegeven energie bij het  $\beta^-$  of  $\beta^+$ -verval is de maximale energie.

2 ► K-vangst heet in de Engelstalige literatuur EC, Electron Capture.

Het elektron dat wordt ingevangen is meestal uit de K-schil afkomstig.

3 ► per definitie

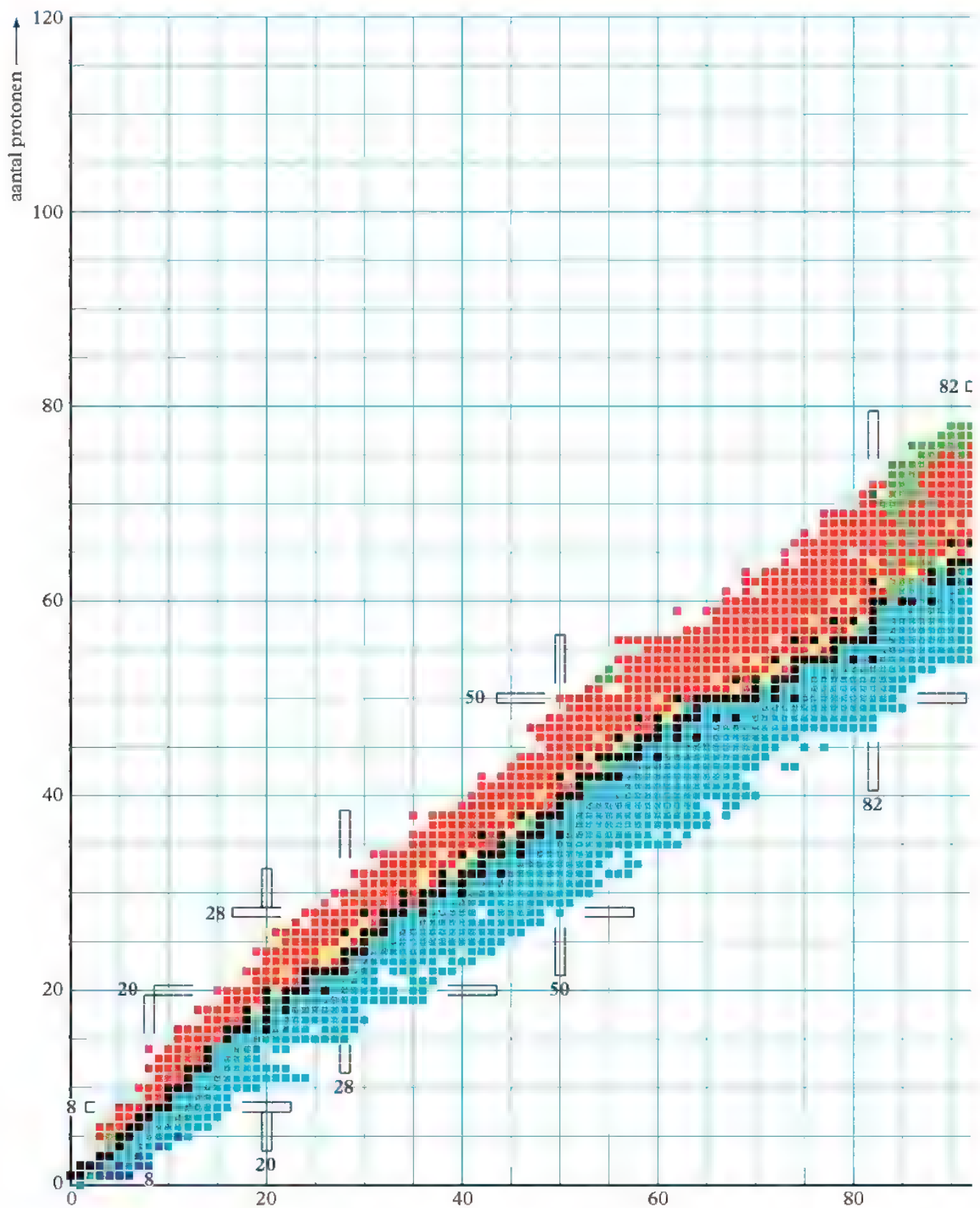
4 ► m betekent: isomeer

5 ► thoriumreeks

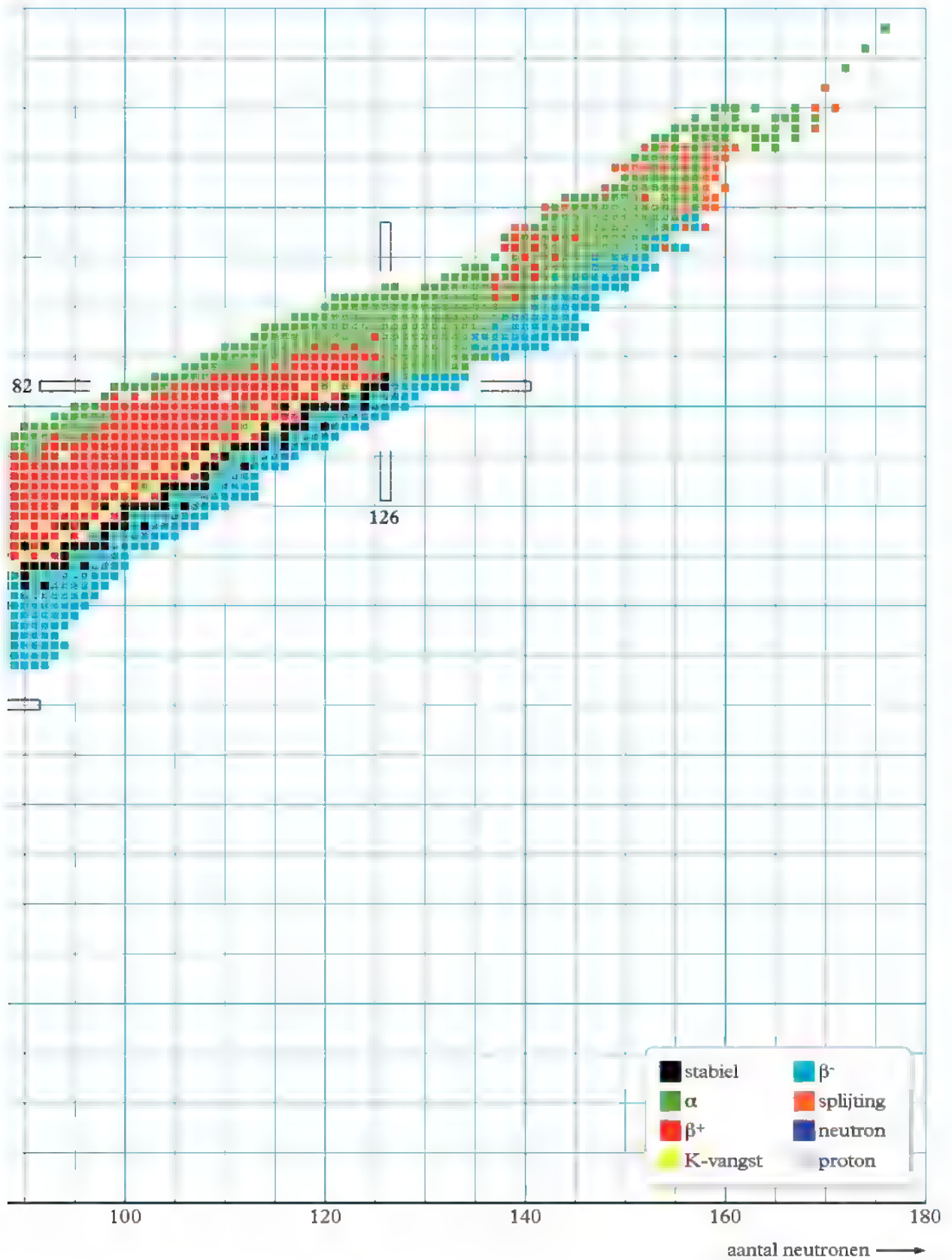
6 ► actiniumreeks

7 ► uraanreeks

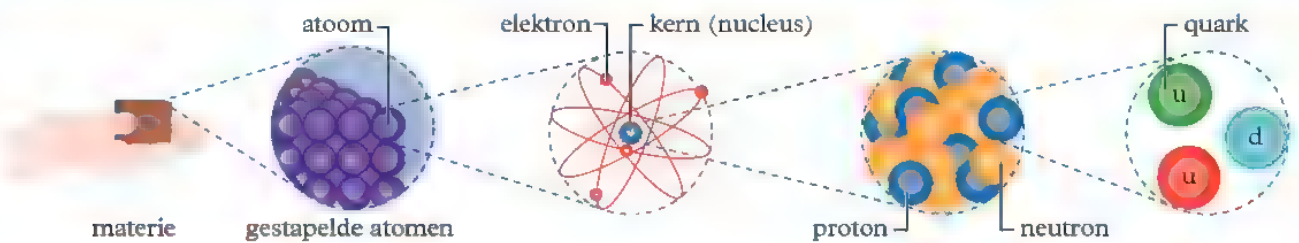
8 ► neptuniumreeks



Zeer stabiele isotopen: het aantal neutronen of protonen is gelijk aan een magisch getal (2, 8, 20, 28, 50, 82 of 126).



## Elementaire deeltjes



	generatie I		generatie II		generatie III		
massa ▶	2,2 MeV c <sup>-2</sup>		1,3 GeV c <sup>-2</sup>		173 GeV c <sup>-2</sup>		quarks
lading →	$\frac{2}{3} e$		$\frac{2}{3} e$		$\frac{2}{3} e$		
	<b>u</b> up		<b>c</b> charm		<b>t</b> top		
massa ▶	4,7 MeV c <sup>-2</sup>		0,093 GeV c <sup>-2</sup>		4,2 GeV c <sup>-2</sup>		quarks
lading →	$-\frac{1}{3} e$		$-\frac{1}{3} e$		$-\frac{1}{3} e$		
	<b>d</b> down		<b>s</b> strange		<b>b</b> bottom		
massa ▶	< 1,0 eV c <sup>-2</sup>		< 0,17 MeV c <sup>-2</sup>		< 18,2 MeV c <sup>-2</sup>		leptonen
lading →	0		0		0		
	<b>ν<sub>e</sub></b> elektronneutrino		<b>ν<sub>μ</sub></b> muonneutrino		<b>ν<sub>τ</sub></b> tauneutrino		
massa ▶	0,511 MeV c <sup>-2</sup>		105,66 MeV c <sup>-2</sup>		1777 MeV c <sup>-2</sup>		leptonen
lading →	-1 e		-1 e		-1 e		
	<b>e</b> elektron		<b>μ</b> muon		<b>τ</b> tau		

■ Alle twaalf deeltjes hebben een antideeltje met dezelfde massa maar tegengestelde lading.  
Het antideeltje van up heet anti-up:  $\bar{u}$ , etc.

► massa-equivalent:  $1u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \triangleq 931,49 \text{ MeV}$  (zie tabel 7A)

## Wisselwerkingsdeeltjes

naam	symbool	massa $\text{GeV } c^{-2}$	lading $e$	spin	kracht	relatieve sterkte	werkend tussen
gluon	<b>g</b>	0	0	1	sterke kernkracht	1	quarks, gluonen
foton	<b><math>\gamma</math></b>	0	0	1	elektromagnetische kracht	$\frac{1}{137}$	geladen deeltjes
W-plus	<b><math>W^+</math></b>	80,4	+1	1	zwakke kernkracht	$10^{-13}$	quarks, leptonen
W-min	<b><math>W^-</math></b>	80,4	-1	1			
Z-nul	<b><math>Z^0</math></b>	91,2	0	1	zwaartekracht	$10^{-38}$	deeltjes met energie deeltjes met massa
graviton ▶		0	0	0			
Higgs	<b><math>H^0</math></b>	125,4	0	0			

■ oranje: vectorbosonen (spin 1); geel: scalaire bosonen (spin 0)

► Het graviton is nog niet aangetoond.



**mesonen** (voorbeelden; heeltallige spin: bosonen)

naam	symbool	samenstelling	massa $\text{MeV } c^{-2}$	lading $e$	gemiddelde levensduur $s$	mogelijk verval		
pion	$\pi^+$	$u\bar{d}$	139,57	+1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\mu^+ + \nu_\mu$		
	$\pi^0$	$u\bar{u} / d\bar{d}$	134,98	0	$8,5 \cdot 10^{-17}$	$2\gamma$	$\gamma + e^+ + e^-$	
kaon	$K^+$	$u\bar{s}$	493,68	+1	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$\mu^+ + \nu_\mu$	$\pi^+ + \pi^0$	$\pi^+ + \pi^+ + \pi^-$
	$K^0$	$d\bar{s}$	497,61	0		50 % $K_1^0$ , 50 % $K_2^0$		
	$K_1^0$	$d\bar{s} / s\bar{d}$	498	0	$8,95 \cdot 10^{-11}$	$\pi^+ + \pi^-$	$\pi^0 + \pi^0$	
	$K_2^0$	$d\bar{s} / s\bar{d}$	498	0	$5,12 \cdot 10^{-8}$	$3\pi^0$	$\pi^+ + \pi^- + \pi^0$	$\pi^+ + \mu^- + \bar{\nu}_\mu$
$\eta_c$ -meson	$\eta_c$	$c\bar{c}$	2981	0	$2,2 \cdot 10^{-23}$	$\eta + \pi^+ + \pi^-$	$K + \bar{K} + n\eta$	$3(\pi^+ + \pi^-)$
J/ $\psi$ -meson	J/ $\psi$	$c\bar{c}$	3096,92	0	$7,1 \cdot 10^{-21}$	$n(\pi^+ + \pi^-) + \pi^0$	$K + \bar{K} + \pi$	$e^+ + e^- \mu^+ + \mu^-$
D-meson	$D^+$	$c\bar{d}$	1869,5	+1	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$K^0 + \pi^0 + \pi^+$	$K^- + \pi^+ + \pi^+$	
	$D^0$	$u\bar{c}$ of $c\bar{u}$	1864,8	0	$4,1 \cdot 10^{-13}$	$K^- + \pi^+ + \pi^0$		
	$D_s^+$	$c\bar{s}$	1968,5	+1	$5,0 \cdot 10^{-13}$	$K^+ + K^- + \pi^+$		
	$D_s^{*+}$	$c\bar{s}$	2112,3	+1		$D_s^+ + \gamma$	$D_s^+ + \pi^0$	
B-meson	$B^+$	$u\bar{b}$	5279	+1	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$e^+ + \nu_e$		
	$B^0$	$d\bar{b}$	5279,5	0	$1,5 \cdot 10^{-12}$			
	$B_s^0$	$s\bar{b}$	5366,8	0	$1,5 \cdot 10^{-12}$			

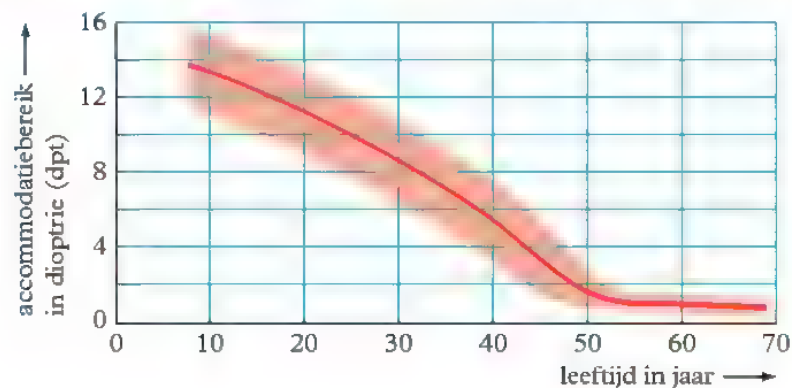
**baryonen** (voorbeelden; halftallige spin: fermionen)

naam	symbool	samenstelling	massa $\text{MeV } c^{-2}$	lading $e$	gemiddelde levensduur $s$	mogelijk verval		
proton	$p^+$	$uud$	938,272	+1	$> 1,8 \cdot 10^{37}$			
neutron	$n$	$udd$	939,565	0	882	$p^+ + \pi^-$	$p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$	
labda	$\Lambda^0$	$uds$	1115,68	0	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$p^+ + \pi^-$	$n + \pi^0$	
sigma	$\Sigma^+$	$uus$	1189,37	+1	$8,0 \cdot 10^{-11}$	$p^+ + \pi^0$	$n + \pi^+$	
	$\Sigma^0$	$uds$	1192,64	0	$7,4 \cdot 10^{-20}$	$\Lambda^0 + \gamma$		
	$\Sigma^-$	$dds$	1197,45	-1	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$n + \pi^-$		
xi	$\Xi^0$	$uss$	1314,9	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + \pi^0$		
	$\Xi^-$	$dss$	1321,7	-1	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + \pi^-$		
omega	$\omega$	$sss$	1672,5	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$	$\Lambda^0 + K^-$	$\Xi^0 + \pi^-$	$\Xi^- + \pi^0$
labda-c	$\Lambda_c^+$	$udc$	2286,5	+1	$2,0 \cdot 10^{-14}$	$p^+ + K^0$	$p^+ + K^- + \pi^+$	$p^+ + K^0 + \pi^0$
xi-cc	$\Xi_{cc}^{++}$	$dcc$	3621,6	+2	$2,6 \cdot 10^{-13}$	$\Lambda_c^+ + K + 2\pi^+$		$p^+ + K + 2\pi^+$
labda-b	$\Lambda_b^0$	$udb$	5620,2	0	$1,4 \cdot 10^{-12}$	$p^+ + D^0 + \pi^-$	$\Lambda_c^+ + \pi^-$	$\Lambda_c^+ + \pi^+ + 2\pi^-$
sigma-b	$\Sigma_b^+$	$uub$	5807,8	+1	$\approx 10^{-15}$	$\Lambda_b^0 + \pi^+$		
	$\Sigma_b^-$	$ddb$	5815,2	-1	$\approx 10^{-15}$	$\Lambda_b^0 + \pi^-$		

► Zie tabel 7B.

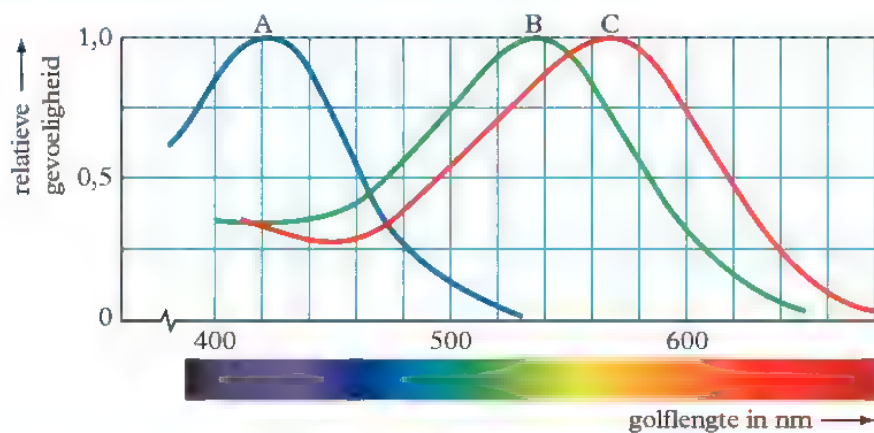
1

Accommodatiebereik als functie van de leeftijd (met spreiding)



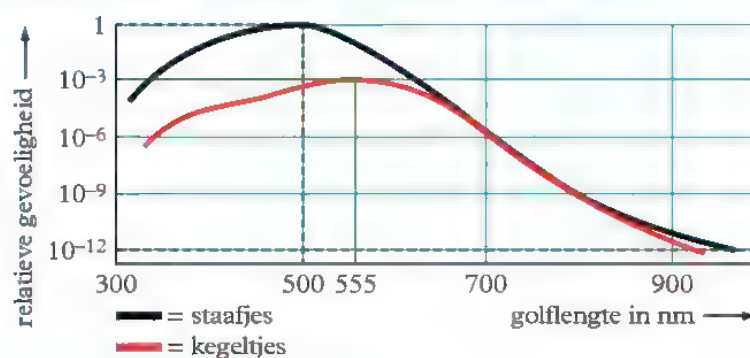
2

Relatieve gevoeligheid van de drie soorten kegeltjes A, B en C



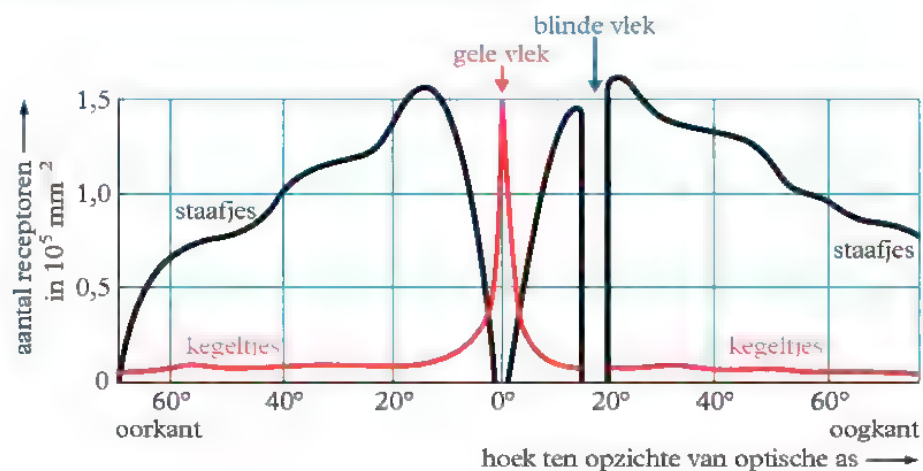
3

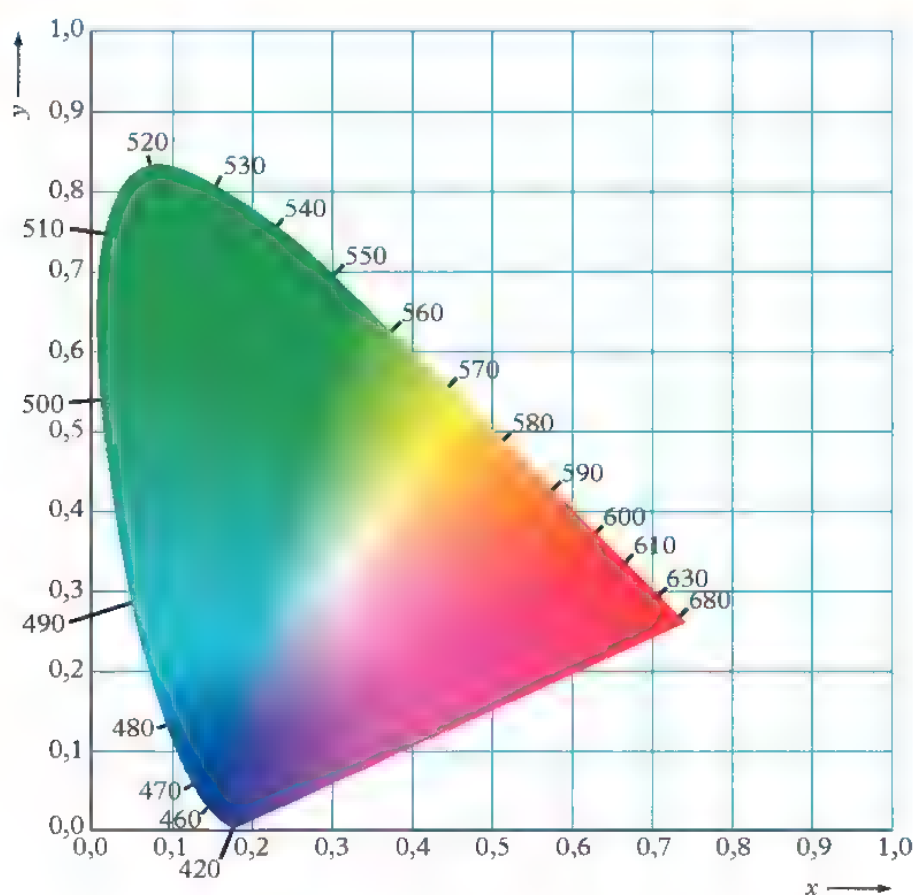
Relatieve gevoeligheid kegeltjes (gele vlek) t.o.v. staafjes



4

Verdeling van staafjes en kegeltjes in het netvlies





In het kleurendiagram van de CIE (1931) is de  $x$ -coördinaat een maat voor de gevoeligheid van de rode kegeltjes en de  $y$  voor de helderheid.

	$x$	$y$
wolframlamp van 2856 K	0,4476	0,4074
wit, standaardlichtbron D65 (6504 K)	0,3127	0,3290

#### huidtype

(volgens Fitzpatrick)

	1	2	3	4	5	6
zeer bleek	bleek	licht getint	getint	donker getint	donker of zwart	
bruinen	niet	moeilijk	gemakkelijk	heel goed	intensief	-
verbranden	altijd	snel	minder snel	bijna nooit	zeer zelden	nooit
zonkrachtgetal	60	100	200	300	300	

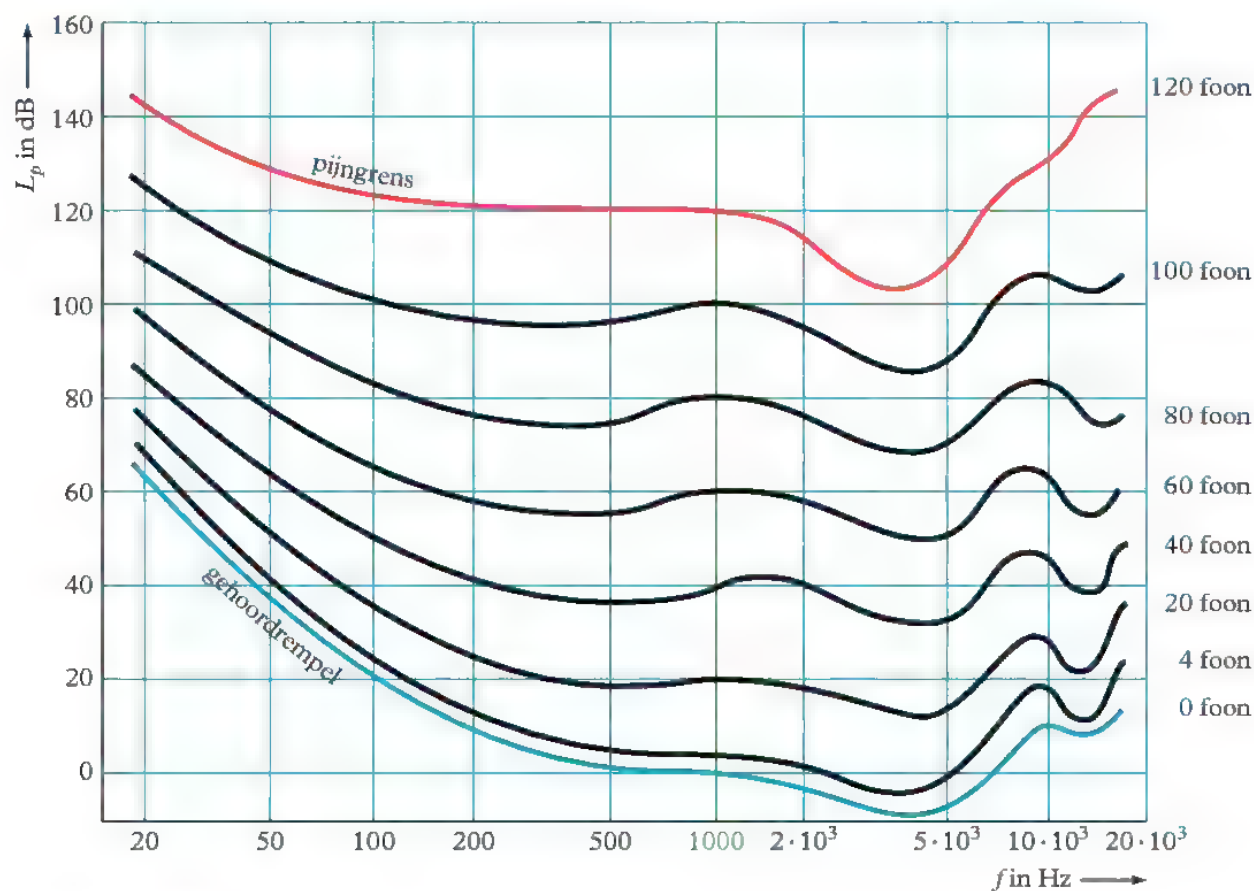
UV-index, sterkte van de 'zonkracht' omschrijving ('zonkracht') maximale verblijftijd in de zon, onbeschermd per huidtype (advies)

	min				
0	geen	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt
1-2	vrijwel geen	60-30	100-50	200-100	300-150
3-4	zwak	20-15	35-25	70-50	100-75
5-6	matig	≈ 10	≈ 20	≈ 35	≈ 50
7-8	sterk	≈ 8	≈ 13	≈ 25	≈ 40
9-10 <sup>1</sup>	zeer sterk	≈ 6	≈ 10	≈ 20	≈ 30
15 of hoger <sup>2</sup>		< 4	< 7	< 14	< 20

1 ► maximale waarde in Nederland 2 ► waarden voorkomend aan de evenaar of in de bergen

## Gehoorgevoeligheid

Isofonendiagram van het menselijk oor (voor zuivere tonen)

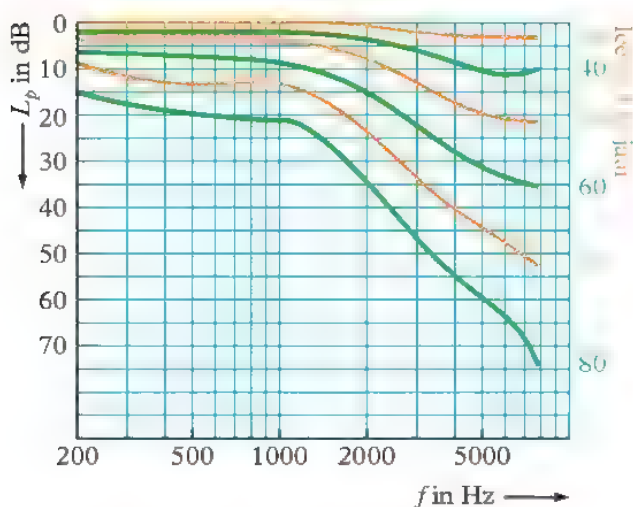


■ Aantal foon is aantal dB bij een frequentie van 1000 Hz.

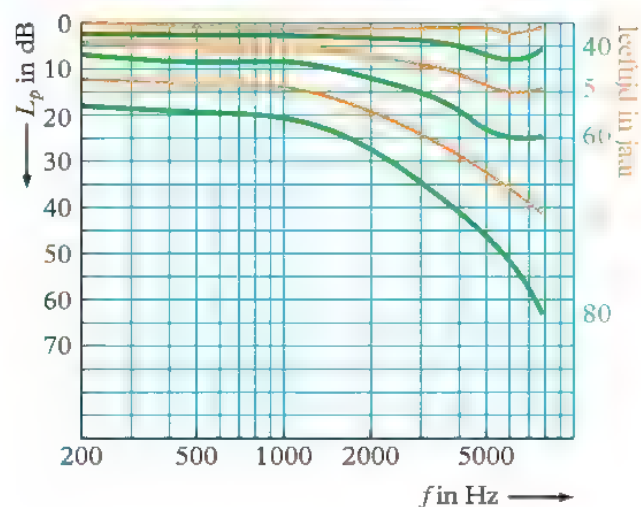
## Gehoorgevoeligheid en leeftijd

Het gemiddelde audiogram per leeftijdsgroep

mannen



vrouwen



■ Akoestische schaal voor de mens: zie tabel 15D.



Gezondheidseffecten<sup>1</sup>

1

	<i>acute orgaandosis</i>	<i>effect</i>	<i>effectieve totale lichaamsdosis</i>	<i>effect</i>
	Gy		mSv	
rood beenmerg	0,5	verminderde bloedvorming	100	tijdelijke afname van witte bloedcellen
gonaden	2	fatale aplasie	200	man: remming vorming geslachtscellen
	0,15	tijdelijke steriliteit (mannen)		vrouw: storing orgaanvorming embryo
	3	blijvende steriliteit (mannen)	1000	erytheem huid - groeistoring skelet (kind)
	2,5	blijvende steriliteit (vrouwen)		
ooglenzen	2	lenstroefbeling	2000	stralingsziekte - infecties (afname witte bloedcellen)
	6	cataract		bloedingen (afname rode bloedcellen)
huid (lokaal)	5	haaruitval		ernstige ziekte - LD 50/60 <sup>2</sup>
	6	erytheem	4000	
	10	droge epidermis	10000	sterfte LD 100/60 <sup>2</sup> - darmsyndroom
	30	necrose	50000	acute sterfte - zenuwsyndroom
botweefsel kind	1	groeistoornis		
		scoliose/exostose		
botweefsel volwassene	30	necrose		

1 ► Drempelwaarden voor deterministische (acute) effecten.

2 ► LD 50/60 betekent: letale dosis (dodelijke dosis) voor 50% van de gevallen binnen 60 dagen.

## Stralingsbeschermingsnormen

2

Dosislimieten in millisievert per jaar<sup>1</sup>

	<i>effectieve totale lichaamsdosis</i>	<i>ogen</i>	<i>ledematen, huid</i>
individuele leden van de bevolking	1	15	50
beroepshalve, vanaf 18 jaar <sup>2</sup>	20	150	500
beroepsopleiding, vanaf 18 jaar <sup>2</sup>	20	150	500
beroepsopleiding, 16 - 18 jaar <sup>2</sup>	6	50	150

■ De in de tabel genoemde getalwaarden zijn volgens de Nederlandse wetgeving van kracht vanaf 1 maart 2002.

1 ► De individuele dosislimiet geldt in aanvulling op het voorschrift dat de blootstelling aan straling altijd zo laag moet zijn als redelijkerwijs haalbaar (ALARA-principe: as low as reasonably achievable). De dosislimieten hebben geen betrekking op:

- blootstelling die het gevolg is van natuurlijke stralingsbronnen in de normale leefomgeving;
- blootstelling die men ondervindt als patiënt bij medisch-radiologische toepassingen;
- blootstelling van mensen ten gevolge van radiologische ongevallen.

2 ► Bij vrouwen geldt in geval van zwangerschap de aanvullende eis dat de dosis voor het ongeboren kind niet meer dan 1 millisievert mag bedragen. In feite wordt het ongeboren kind beschouwd als een individueel lid van de bevolking.

## Weegfactoren










3

<i>organen en weefsels</i>	<i>factor</i>	<i>stralingssoort</i>	<i>factor</i>
huid, botoppervlak	0,01	elektronen ( $\beta^-$ ), fotonen ( $\gamma$ )	1
blaas, borst, lever, slokdarm, schildklier, nieren,	0,05	protonen > 2 MeV	2 - 5
bijnieren, hersenen, bovenste deel dikke darm,		neutronen < 10 keV en > 20 MeV	5
dunne darm, alvleesklier, milt, thymus, spieren,		neutronen 10 keV tot 100 keV en	10
baarmoeder		2 MeV tot 20 MeV	
rode beenmerg, dikke darm, long, maag	0,12	neutronen 100 keV tot 2 MeV, heliumkernen ( $\alpha$ )	20
testikels, eierstokken	0,20	vervalproducten, zware kernen	
hele lichaam (per definitie)	1		

## Luchtweerstandscoefficienten

voertuig	$C_w$	voertuig	$C_w$	voertuig	$C_w$
sportwagen	0,2 - 0,3	formule-1-raceauto	0,7 - 1,1	super(lig)fiets HPV	0,1
personenauto	0,3 - 0,5	passagierstrein	1,8	racefiets	0,9
terreinwagen (4x4)	0,6	motor	1,8	tandem	1,0
vrachtauto	0,6 - 1,0	Boeing 747	0,031	traditionele fiets	1,1


vorm	$C_w$	vorm	$C_w$	vorm	$C_w$
bol 	0,47	kubus 	1,05	cilinder kort 	1,15
halve bol 	0,42	kubus 	0,80	gestroomlijnd 	0,04
kegel 	0,50	cilinder lang 	0,82	half gestroomlijnd 	0,09

■ Alle voertuigen met berijder.

► bovenaanzicht

## Stookwaarden

Het gevormde water komt vrij als waterdamp.

vaste stoffen	$10^6 \text{ J kg}^{-1}$	$\text{kWh kg}^{-1}$	gassen ( $T = 273 \text{ K}$ , $p = p_0$ )	$10^6 \text{ J m}^{-3}$	$\text{kWh m}^{-3}$
bruinkool	21	5,8	aardgas (Gronings) 	32	8,9
hout	16	4,4	aardgas (diverse samenstellingen)	29,5 - 44,4	8,2 - 12,2
steenkool	29	8,1	acetyleen [ethyn]	56,9	15,8
turf	11	3,1	butaan	120,7	34
			butagas	110	31
			ethyleen [etheen]	64,5	17,9
			generatorgas	3,0	0,83
			hoogovengas	4,2	1,17
			koolstofmono-oxide	12,8	3,6
			methaan	35,8	9,9
			propaan	93,8	26
			waterstof	10,8	3,0

■ Stookwaarde betekent geleverde verbrandingswarmte; daarom is hier steeds een positieve waarde gegeven (in tegenstelling tot tabel 56).

► Gronings aardgas is 80%  $\text{CH}_4$  en 20%  $\text{N}_2$ .

## Lichtabsorptie in water

lichtabsorptie in procent ten opzichte van de lichtintensiteit gemeten op 1 meter diepte in onvervuild zeewater

diepte in m	violet	blauw	blauwgroen	groen	geel	rood
5	13,4	55,0	75,0	75,0	99,75	99,63
10	20,0	56,3	83,4	83,4	99,80	99,73
20	33,4	72,3	97,9	99,4	99,88	99,997
50	80,0	79,9	99,75	99,78	99,997	99,9998

Gebruikelijke  $U$ -waarden van bouwelementen (constructies)

	$W m^{-2} K^{-1}$		$W m^{-2} K^{-1}$
raam, enkel glas	5,7	partieel gevulde spouwmuur	
raam, dubbel glas, 8 mm spouw	3,5	• 30 mm PIR- of PUR-schuim	0,60
buitendeur, massief hout	3,5	• 60 mm PIR- of PUR-schuim	0,35
binnendeur, hout	2,8	• 30 mm PS-schuim	0,72
binnenmuur, halfsteens, kalkzand	7,1	• 60 mm PS-schuim	0,45
buitenmuur, halfsteens, kalkzand	12,5	• 30 mm minerale wol	0,79
binnenmuur, steens, kalkzand	3,8	• 60 mm minerale wol	0,50
buitenmuur, steens, kalkzand	6,2	pannendak, enkel houten beschot, 17 mm	4,5
binnenspouwmuur, tweemaal halfsteens, kalkzand	2,3	pannendak, dubbel houten beschot, $2 \times 17$ mm	2,0
buitenspouwmuur, tweemaal halfsteens, kalkzand	2,7	pannendak met isolatie, op dakbeschot	
binnenspouwmuur, half- en heelsteens, kalkzand	1,9	• 40 mm PIR- of PUR-schuim	0,60
buitenspouwmuur, half- en heelsteens, kalkzand	2,0	• 40 mm PS-schuim	0,73
massieve muur, aan buitenkant geïsoleerd		• 40 mm minerale wol	0,79
• 30 mm PIR- of PUR-schuim	0,67	pannendak met isolatie onder dakbeschot	
• 60 mm PIR- of PUR-schuim	0,38	• 40 mm PS-schuim	0,67
• 30 mm PS-schuim	0,84	• 40 mm minerale wol	0,75
• 60 mm PS-schuim	0,49	pannendak met isolatie en spouw	
		• 40 mm PS-schuim	0,61
		• 40 mm minerale wol	0,67

	$W m^{-2} K^{-1}$		$W m^{-2} K^{-1}$
gevelmetselwerk	1,00	glaswol en steenwol	0,04
(direct blootgesteld aan regen)		hardboard	0,08
ander baksteenmetselwerk	0,70	spaanplaat	0,17
metselwerk van kalkzandsteen	0,90	houtwolcementplaat	0,12
cellenbeton	0,20	kunststofschuim	0,023 - 0,055
gips	0,18		

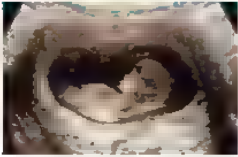


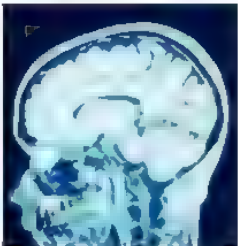
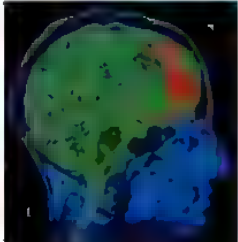
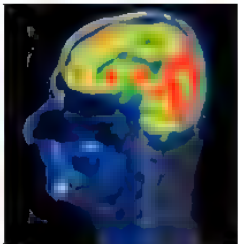
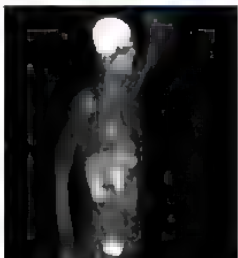
## Halveringsdikten

## F

Halveringsdikte  $d_{\frac{1}{2}}$  in cm van enkele stoffen voor elektromagnetische straling ( $\gamma$ , röntgen) bij verschillende energie van het foton.

stof	E in MeV					
	0,05	0,1	1,0	2,0	5,0	10,0
lucht ( $p_0, T_0$ )	$2,8 \cdot 10^3$	$3,7 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$	$13,0 \cdot 10^3$	$20,8 \cdot 10^3$	$28,1 \cdot 10^3$
water	3,08	4,1	9,8	14,1	22,9	31,2
aluminium	0,70	1,51	4,2	6,0	9,0	11,1
beton	0,75	1,66	4,6	6,6	10,2	12,8
bot	1,08	2,07	5,6	7,9	12,6	16,6
ijzer	0,049	0,24	1,5	2,1	2,8	2,9
lood	0,0079	0,0106	0,86	1,34	1,44	1,23



<i>techniek</i>	<i>fysische waarden</i>	<i>registratieprincipe</i>	<i>toepassingen</i>	<i>beeld</i>
echografie	frequentie geluidsgolven: 1-20 MHz routine; tot 50 MHz intraveneus	reflectie van ultrageluid 2D, 3D en 4D (3D in de tijd)	zwangerschapsonderzoek, sportblessures, doorstroming vaatbed (Doppler), afbeeldingen van buikorganen	
röntgenfoto	energie: 20-150 keV  effectieve dosis: 0,01-0,1 mSv	verzwakking van röntgenstraling 2D	skelet, mammografie, gebit, buikoverzicht, thorax, longen, spijsverteringskanaal	
doorlichting met röntgenstraling	energie: 50-125 keV  effectieve dosis: 0,1-20 mSv	verzwakking van röntgenstraling in combinatie met röntgencontrastmiddelen; levert röntgenfilmpjes 2D	beeldvorming tijdens operaties, functieonderzoek (slikken, maag en darm), angio- en cardiografie (afbeelding en katheterisatie hart- en bloedvaten; stenting en dotterbehandelingen)	
CT (computer- tomografie)	energie: 70-140 keV  effectieve dosis: 0,1-20 mSv	verzwakking van röntgenstraling vanuit 360° levert dwarsdoorsneden 3D en 4D	kankeronderzoek, onderzoek naar zachte weefsels, spoedeisende hulp (letsels, bloedingen), perfusie (herseninfectie), afbeelding van het hart: 3D opname van orgaan binnen 0,5 s	
MRI (magnetic resonance imaging)	magneetveld: 0,1-12 T  frequentie radiogolven: 42,58 MHz T <sup>-1</sup>	resonantie van protonspins met radiogolven in een uitwendig magnetisch veld (Zeemaneffect) 3D en 4D	onderzoek naar hersenen, gewrichten, buikorganen, hart- en hersenfunctie, diffusie van water in weefsels, doorbloeding van organen, borsten	
PET (positron- emissie- tomografie)	energie: 0,511 MeV  effectieve dosis: 1,5-5 mSv	gelijktijdige registratie van fotonen uit annihilatie van elektronen met positronen uit radioactief verval geeft lokalisatie van radioactieve stof in 3D	weefselonderzoek, kankeronderzoek (vaak in combinatie met CT-scan), onderzoek naar transportprocessen stofwisseling	
gammacamera	energie: 80-400 keV  effectieve dosis: 2-16 mSv	registreren van gammastraling uit radioactieve vervalprocessen 2D of 3D (SPECT: single photon emission computed tomography)	kankeronderzoek, opsporen van uitzaaiingen, hartfunctie (SPECT, vaak in combinatie met CT-scan), onderzoek naar de fysiologie van organen	



## Schaal van aardbevingen

sterkte volgens Richter	beschrijving - effecten	energie J	frequentie
0 – 1,9	<b>minuscuul</b> - microbeving, onvoelbaar	$4 \cdot 10^6 - 4 \cdot 10^9$	8000 per dag
2,0 – 2,9	<b>zeer licht</b> - onvoelbaar maar wel te meten; vrijwel nooit schade	$4 \cdot 10^9 - 9 \cdot 10^{10}$	1000 per dag
3,0 – 3,9	<b>licht</b> - vaak voelbaar maar zelden schade; trillingen als van een voorbijrijdende vrachtwagen	$1 \cdot 10^{11} - 3 \cdot 10^{12}$	49000 per jaar
4,0 – 4,9	<b>gemiddeld</b> - voorwerpen in huis schudden; lichte schade mogelijk aan schoorstenen; kleine scheuren in wegdek of oude en zwakke gebouwen	$4 \cdot 10^{12} - 9 \cdot 10^{13}$	6200 per jaar
5,0 – 5,9	<b>vrij krachtig</b> - kan in kleine gebieden flinke schade aanrichten bij slecht gebouwde huizen; op zijn hoogst lichte schade aan stevige gebouwen	$1 \cdot 10^{13} - 3 \cdot 10^{15}$	800 per jaar
6,0 – 6,9	<b>krachtig</b> - matige tot zware schade aan veel gebouwen tot 150 km; grote scheuren in wegdek; paniek	$4 \cdot 10^{15} - 9 \cdot 10^{16}$	120 per jaar
7,0 – 7,9	<b>zwaar</b> - alleen sterke gebouwen blijven staan; grond kan helemaal openscheuren; grote schade in grotere gebieden; aan kusten grote vloedgolven (tsunami's) mogelijk	$1 \cdot 10^{17} - 3 \cdot 10^{18}$	18 per jaar
8,0 – 8,9	<b>zeer zwaar</b> - uitgebreide verwoesting in gebieden tot honderden kilometers groot; aan kusten catastrofale, tot 40 meter hoge vloedgolven (tsunami's) mogelijk	$4 \cdot 10^{18} - 9 \cdot 10^{19}$	1 per jaar
9,0 – 9,9	<b>catastrofaal</b> - mogelijk totale verwoesting over duizenden kilometers; rotsen en gebergtes kunnen scheuren	$> 10^{20}$	1 per 20 jaar
10,0 – 11,9	<b>totaal catastrofaal</b> - landen en eilanden veranderen van plaats; verandering van de nutatie of de omwentelingssnelheid van de aarde		
> 12,0	<b>totale verwoesting</b> - volledig catastrofale en zeer diep ingrijpende geografische veranderingen; gevaar voor alle levensvormen		

## Gravitatieversnelling

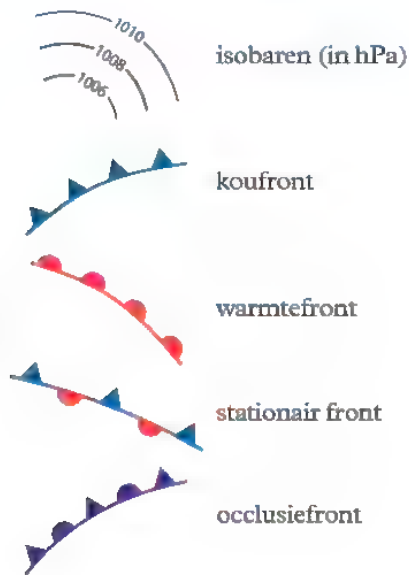
## B

	geografische breedte °	hoogte m	gravitatie- versnelling $\text{N kg}^{-1} = \text{m s}^{-2}$
standaardwaarde			9,806 65
pool	90	0	9,832 17
Reykjavik	64,14	8	9,822 80
Roodeschool	53,40	0	9,813 6
Amsterdam (v.d. Waalslaboratorium UvA)	52,21	1,78	9,812 753 4
Vaals	50,76	322	9,811 0
Parijs (BIPM)	48,83	65,93	9,809 41
Algiers	36,75	346,7	9,799 12
Santiago de Cuba	19,97	0	9,786 41
evenaar	0	0	9,780 32
Quito	-0,02	2815	9,772 78
Rio de Janeiro	-22,93	28,98	9,788 05
Johannesburg	-26,19	1755	9,785 50

## Schaal van windsnelheden

<i>windsterkte volgens Beaufort</i>	<i>gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte boven zeeniveau</i>		<i>KNMI</i>		<i>omschrijving zeeoppervlak (petersenschaal)</i>	<i>omschrijving van het KNMI</i>
	<i>Beaufort</i>	<i>ms<sup>-1</sup></i> <i>omschrijving</i>	<i>ms<sup>-1</sup></i> <i>omschrijving</i>			
0	0,0–0,2	stil	0	windstil	spiegelgladde zee	rook stijgt (vrijwel) recht omhoog
1	0,3–1,5	flauw en stil	0–3	zwakke wind	golfjes – geschubde zee	rookpluimen geven windrichting aan
2	1,6–3,3	flauwe koelte			kleine, korte golven – glasachtig	bladeren en windvanen bewegen
3	3,4–5,4	lichte koelte	3–8	matige wind	kleine golven – brekende toppen geven glasachtig schuim	bladeren en twijgen bewegen voortdurend
4	5,5–7,9	matige koelte			langere golven – witte schuimkoppen	kleine takken beginnen te bewegen – stof en papier dwarrelt op
5	8,0–10,7	frisse bries	8–11	vrij krachtige wind	matige golven met witte schuimkoppen – soms opwaaiend schuim	bebladerde takken zwaaien – gekuifde golven
6	10,8–13,8	stijve bries	11–14	krachtige wind	grotere golven – brekende koppen geven witte schuim plekken	grote takken bewegen – wind fluit en zoemt
7	13,9–17,1	harde wind	14–17	harde wind	hogere golven – wit schuim vormt windstrepen	bomen bewegen – wind is hinderlijk
8	17,2–20,7	stormachtig	17–20	stormachtige wind	hoge golven met lange kam – afwaaiende toppen geven schuimstrepen	twijgen breken af – voortgaan wordt bemoeilijkt
9	20,8–24,4	storm	20–24	storm	zware schuimstrepen – beginnende rollers – verwaaid schuim geeft slecht zicht	lichte schade – dakpannen waaien af
10	24,5–28,4	zware storm	24–28	zware storm	zeer hoge golven met lange over stortende golf kammen – begin witte zee – zware overslaande rollers	ontwortelde bomen – aanzienlijke schade
11	28,5–32,6	zeer zware storm	28–32	zeer zware storm	golfkammen verwaaien overall – zee geheel bedekt met schuimstrepen – zeer slecht zicht	uitgebreide schade
12	32,7–36,9	orkaan	32–37	orkaan	lucht geheel gevuld met schuim en water – geheel	ernstige verwoesting
13	37,0–41,4	orkaan	37–41	orkaan	witte zee – géén zicht	
14	41,5–46,1	orkaan	41–46	orkaan		
15	46,2–50,9	orkaan	46–51	orkaan		
16–17	≥ 51,0	orkaan	≥ 51	orkaan		totale verwoesting

■ Voor de code op weerkaarten: zie tabel 30D.



- regen
- ★ sneeuw
- ≡ mist
- ☉ motregen

H hogedrukgebied

L lagedrukgebied

5 knopen

10 knopen

50 knopen

1 knoop =  $0,51 \text{ ms}^{-1}$

De stok van de vlag geeft de windrichting aan.

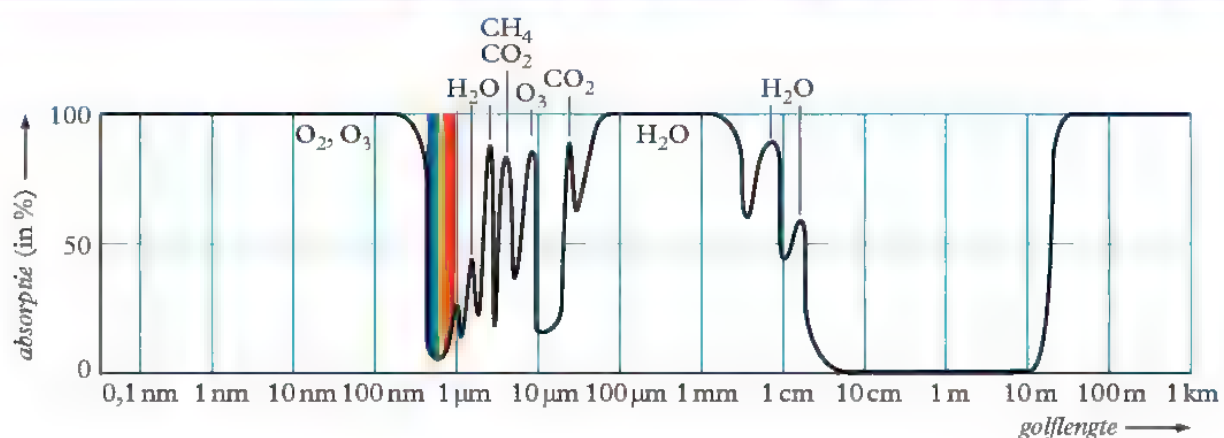
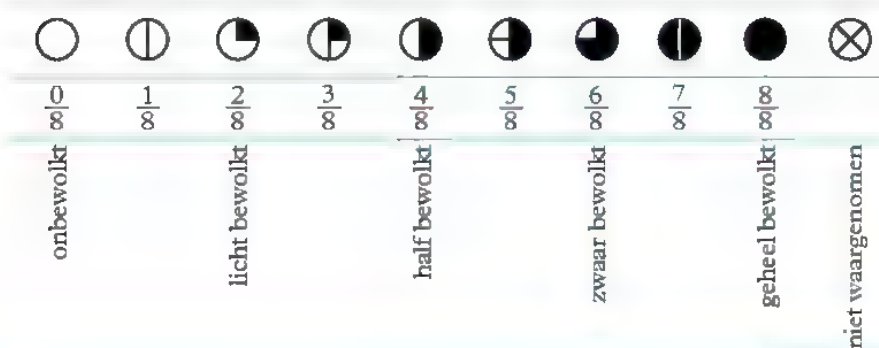
▲ hagel

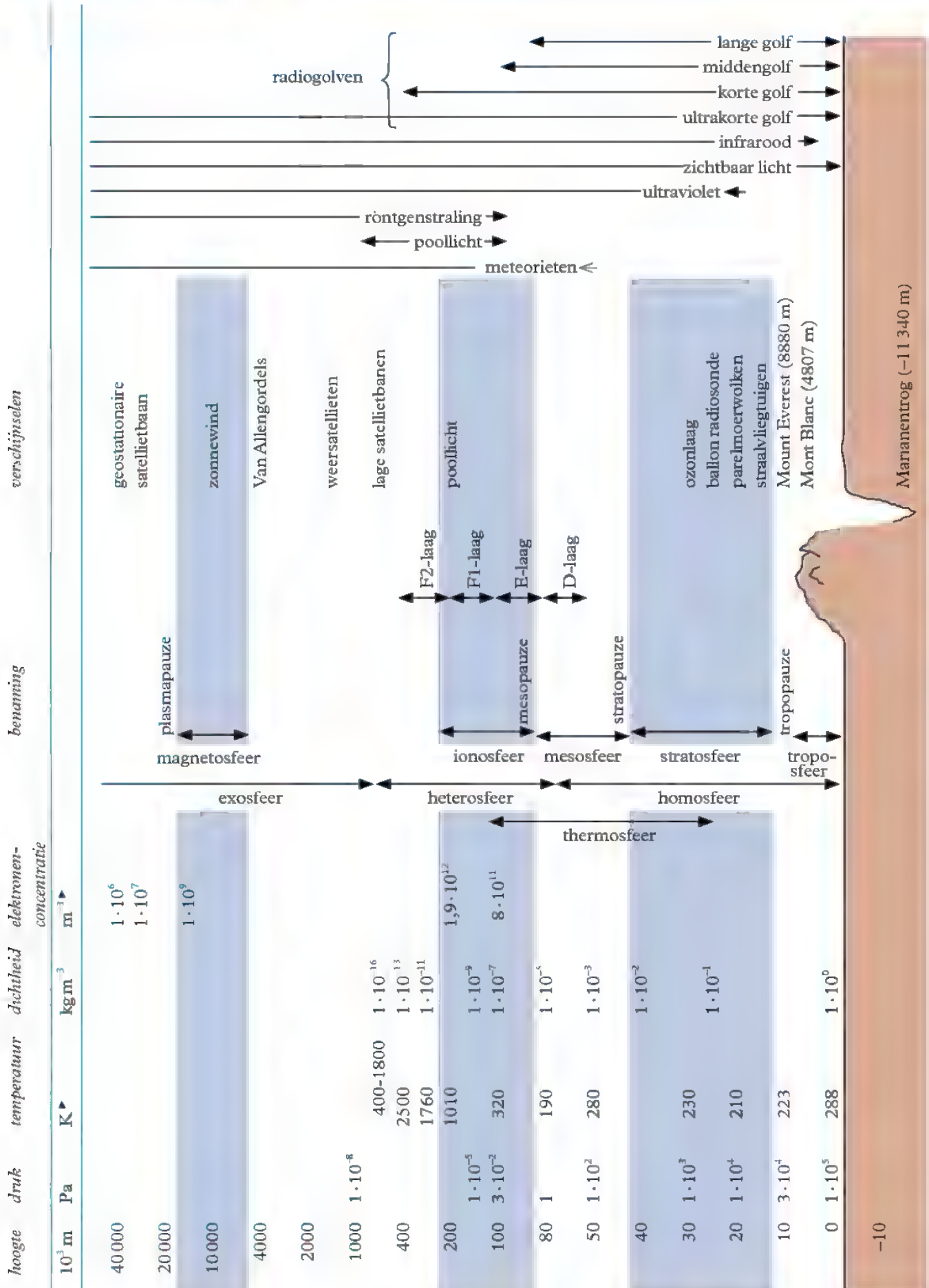
▼ bui

↙ bliksem (weerlicht)

⚡ onweer

Bedekkingsgraad van de lucht :





► De waarden boven  $1500 \cdot 10^3$  m zijn sterk afhankelijk van dag/nacht, geografische breedte en zonneactiviteit.



naam	symbool	type	ontdekking	baanstraal m	omlooptijd d, y	helling t.o.v. ecliptica °	straal (equator) 10 <sup>6</sup> m	massa 10 <sup>24</sup> kg	dichtheid kg m <sup>-3</sup>	gravitatieversnelling aan het oppervlak m s <sup>-2</sup>	ontsnappingsnelheid 10 <sup>3</sup> m s <sup>-1</sup>	siderische rotatieperiode d	temperatuur K	gassen in de atmosfeer	aantal satellieten (manen en ringen)
Mercurius	☿	planeet	oudheid	0,0579 · 10 <sup>12</sup>	87,97 d	7,0	2,440	0,330	5430	3,7	4,2	58,65	440	He, H <sub>2</sub>	0
Venus	♀	planeet	oudheid	0,1082 · 10 <sup>12</sup>	224,7 d	3,4	6,052	4,87	5240	8,87	10,4	-243 <sup>3</sup>	737	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	0
Aarde	♁	planeet	oudheid	0,1496 · 10 <sup>12</sup>	365,256 d	0,0	6,371 <sup>3</sup>	5,972	5513	9,81	11,2	0,9973	288	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , Ar	1
Maan	☾	maan	oudheid	384,4 · 10 <sup>6</sup>	27,32 d	5,2 <sup>2</sup>	1,738	0,0735	3340	1,62	2,38	27,32	253	He, H <sub>2</sub>	-
Mars	♂	planeet	oudheid	0,228 · 10 <sup>12</sup>	687,0 d	1,8	3,390	0,642	3930	3,7	5,0	1,026	208	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , Ar	2
Phobos		maan	1877	9,37 · 10 <sup>6</sup>	0,319 d	1,1 <sup>2</sup>	0,011 <sup>3</sup>	1,07 · 10 <sup>-8</sup>	1900	0,0057	0,04	0,319	-	-	-
Deimos		maan	1877	23,5 · 10 <sup>6</sup>	1,262 d	1,8 <sup>2</sup>	0,006 <sup>3</sup>	1,5 · 10 <sup>-9</sup>	1470	0,003	0,07	1,26	-	-	-
Ceres	♁	dwergplaneet	1801	0,414 · 10 <sup>12</sup>	4,600 y	10,6	0,476	9,5 · 10 <sup>-4</sup>	2090	0,28	6,7	0,38	168	-	-
Jupiter	♃	planeet	oudheid	0,7883 · 10 <sup>12</sup>	11,86 y	1,3	69,91	1900	1330	24,9	60	0,413	163	H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub>	79+r
Io		maan	1610	421,8 · 10 <sup>6</sup>	1,769 d	0,004 <sup>2</sup>	1,822	0,089	3530	1,8	2,38	1,77	118	SO <sub>2</sub>	-
Europa		maan	1610	670,9 · 10 <sup>6</sup>	3,551 d	0,01 <sup>2</sup>	1,568	0,048	3010	1,32	7,29	3,55	103	O <sub>2</sub>	-
Ganymedes		maan	1610	1070 · 10 <sup>6</sup>	7,155 d	0,18 <sup>2</sup>	2,631	0,148	1940	1,43	9,87	7,18	113	O <sub>2</sub>	-
Callisto		maan	1610	1883 · 10 <sup>6</sup>	16,689 d	0,19 <sup>2</sup>	2,410	0,1076	1830	1,24	8,79	16,69	118	CO <sub>2</sub>	-
Saturnus	♄	planeet	oudheid	1,427 · 10 <sup>12</sup>	29,45 y	2,5	58,2	568	687	11,2	36,1	0,444	133	H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub>	82+r
Uranus	♅	planeet	1781	2,871 · 10 <sup>12</sup>	84,02 y	0,8	25,4	86,8	1270	8,9	21,4	-0,718 <sup>3</sup>	76	H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub>	27+r
Neptunus	♆	planeet	1846	4,498 · 10 <sup>12</sup>	164,8 y	1,8	24,6	102,4	1640	11,2	23,6	0,671	73	H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub>	14+r
Pluto	♇	dwergplaneet	1930	5,91 · 10 <sup>12</sup>	247,9 y	17,1	1,15	0,0131	2050	0,66	1,23	6,39	48	N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub>	5
Charon		plutino	1978	0,0196 · 10 <sup>9</sup>	6,4 d	0,001 <sup>2</sup>	0,63	0,0016	1650	0,28	0,58	synchroon	45	-	-
Haumea		dwergplaneet	2003	6,43 · 10 <sup>12</sup>	239,1 y	28	1,4	0,0042	3000	0,44	0,84	0,16	<50	-	2
Quaoar		TNO <sup>1</sup>	2002	6,5 · 10 <sup>12</sup>	283 y	8	0,65	0,002	2000	0,3	0,5	0,74	43	CH <sub>4</sub>	-
Makemake		dwergplaneet	2003	6,78 · 10 <sup>12</sup>	296,1 y	29	0,73	0,004	2000	0,4	0,75	0,17	33	CH <sub>4</sub>	1
Eris		dwergplaneet	2003	10,2 · 10 <sup>12</sup>	557 y	47	1,4	0,0167	2500	0,83	1,4	1,08	33	CH <sub>4</sub>	1
Sedna		centaur	2003	72 · 10 <sup>12</sup>	11400 y	11,9	0,75	0,004	2000	0,4	0,8	0,43	33	N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	-

1 ► 8 planeten, 5 dwergplaneten,  $2,6 \cdot 10^7$  planetoiden (kometen, centaurs, TNO – Trans Neptunus Object)

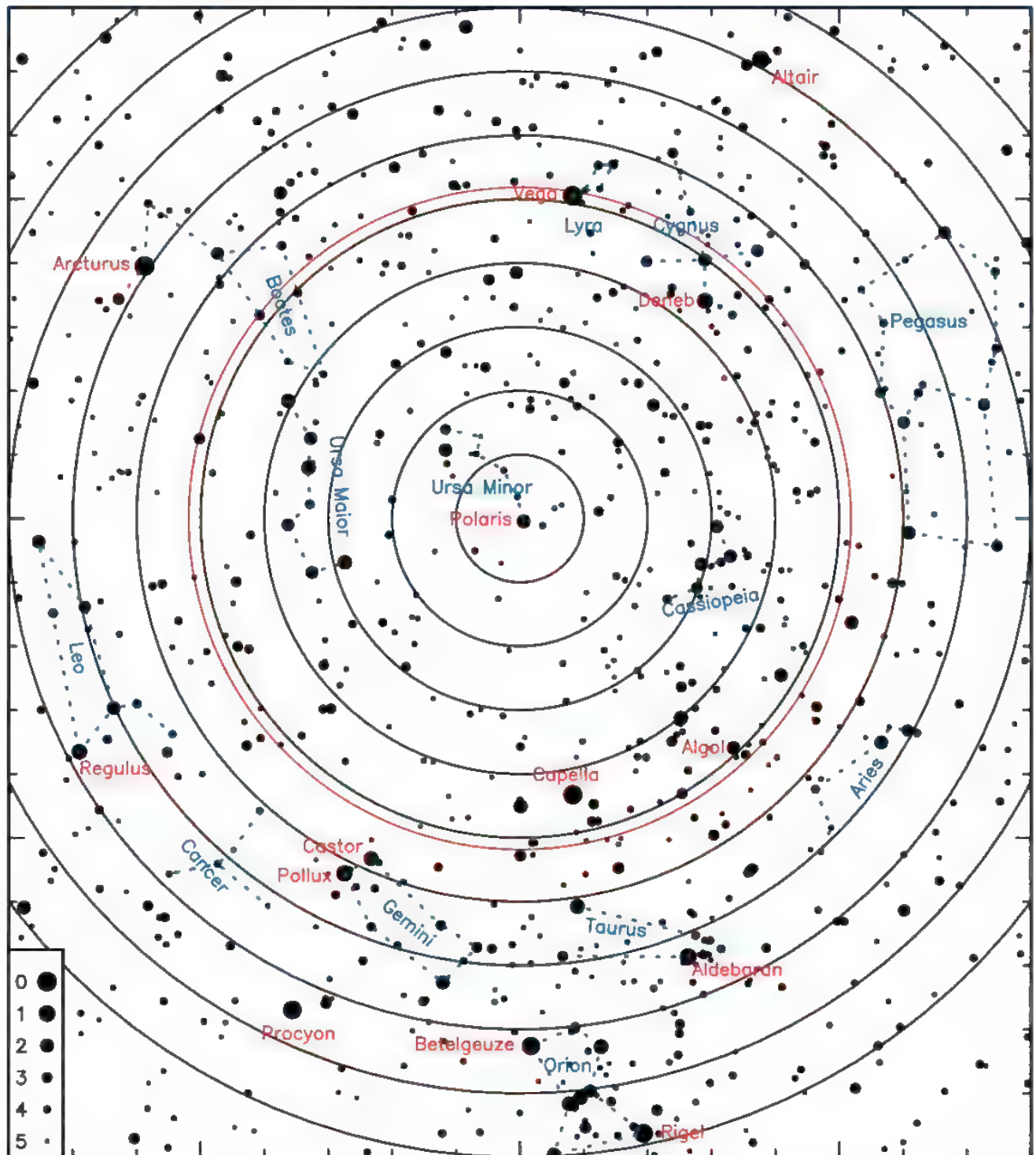
2 ► Bij de manen is de helling van het baanvlak t.o.v. de planeetbaan (dus niet t.o.v. de ecliptica).

3 ► pool: 6356,7523142 km; evenaar: 6378,1370 km

4 ► onregelmatig van vorm

5 ► De rotatie-richting is tegengesteld aan de draaiing in de baan.

Sterrenkaart voor het noordelijk halfrond



magnitude

■ Sterren binnen de rode cirkel staan in Nederland altijd boven de horizon.

naam	aanduiding in sterrenbeeld	magnitudo (schijnbare visuele)	spectraaltipe	effectieve tempera- tuur	$10^{16}$ m	$10^3$ m s <sup>-1</sup>	radiale snelheid	tangentieel snelheid	tangentieel vermogen <sup>►</sup> l.o.v. zon	totaal vermogen <sup>►</sup> l.o.v. zon	straal l.o.v. zon	bijzonderheden
Zon		-26,78	G2V	5,78	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0	0	0	1	1	1	centrum zonstelsel
Sirius A	$\alpha^1$ Canis Major	-1,44	A0V	9,9	8,2	-8	-8	16,7	22	26	1,7	dubbelster; periode 50 y
Canopus	$\alpha$ Carina	-0,62	F0Ib	8,4	290	21	21	14	13000	13000	54	hete corona zendt röntgenstraling uit
Arcturus	$\alpha$ Boötes	-0,05	K2III	4,4	34,7	-5,2	-5,2	122	110	185	24	rode reus, hoge snelheid
Rigel Kent A	$\alpha^1$ Centaurus	-0,01	G2V	5,67	4,1	-22	-22	23,3	1,5	1,5	1,3	dubbelster; 79,9 y
Wega	$\alpha$ Lyra	0,03	A0V	10,0	23,7	-14	-14	12,7	48,1	57	2,5	snelle rotator
Capella	$\alpha$ Auriga	0,08	G8III	5,4	40,5	30	30	27,0	134	140	13,4	dubbelster van 2 rode reuzen; 104 d
Rigel A	$\beta$ Orion	0,18	B8I	10,5	820	21	21	2	50000	65000	80	superreus met lichte dubbelster
Procyon A	$\alpha$ Canis Minor	0,40	F5IV-V	6,7	10,8	-3,2	-3,2	21,0	7,2	6,7	1,9	dubbelster met witte dwerg; 40,8 y
Achernar	$\alpha$ Eridanus	0,45	B3V	16,0	132	16	16	19	1000	3600	7	afgeplat door snelle rotatie
Betelgeuze	$\alpha$ Orion	0,45	M2I	3,6	470	22	22	22	13000	80000	700	onregelmatig variabel; ~ 2335 d
Agna	$\beta$ Centaurus	0,61	B1III	24,0	370	23	23	23	7000	60000	14	veranderlijke ster, periode 0,16 d
Altair	$\alpha$ Aquila	0,76	A7IV-V	8,0	15,8	-26	-26	16,1	11	10,1	1,7	afgeplat door snelle rotatie
Aldebaran	$\alpha$ Taurus	0,87	K5III	3,6	63,1	54,1	54,1	19,3	160	650	64	rode reus
Spica	$\alpha$ Virgo	0,98	B1V	25,0	235	1	1	19	2000	18000	8	dubbelster; 4 d
Antares A	$\alpha$ Scorpius	1,06	M1I	3,0	520	-3	-3	20	9000	90000	1100	superreus, onregelmatig variabel
Pollux	$\beta$ Gemini	1,16	K0III	5,0	32,0	3,3	3,3	30,8	31	37	8,3	dichtsbijge rode reus
Fomalhaut	$\alpha$ Piscis Australis	1,17	A3V	8,5	23,8	7	7	13,4	17	16,0	1,9	heeft stofring met planeet
Deneb	$\alpha$ Cygnus	1,25	A2I	9,0	1300	-5	-5	6	50000	50000	90	superreus
Mimosa	$\beta$ Cruc	1,25	B0,5III	25,0	260	16	16	19	2000	18000	7	variatie met 1%; periode 0,20 d
Regulus	$\alpha$ Leo	1,36	B7V	12,0	75	6	6	28,7	140	250	4	wijde dubbelster met rode dwerg
Castor	$\alpha$ Gemini	1,58	A2V	9,5	48	0	0	18	50	50	2,7	systeem van 3 dubbelsterren
Polaris	$\alpha$ Ursa Minor	1,97	F7I-II	5,9	410	-17	-17	29	2400	2400	47	poolster; pulsatievariabele; 4 d
Algol	$\beta$ Perseus	2,09	B8V	10,0	85	4	4	0,4	90	110	3,5	eclipserende dubbelster; 2,9 d
Mizar	$\zeta$ Ursa Major	2,23	A2V	9,0	81	-6	-6	15	75	80	3,4	systeem van 3 dubbelsterren
Schedar	$\alpha$ Cassiopeia	2,24	K0II-III	4,5	216	-4,0	-4,0	20,0	520	780	45	oranje reus
Sirius B	$\alpha^2$ Canis Major	8,44	DA	24,8	8,2	-8	-8	16,7	0,0025	0,024	0,0084	witte dwerg bij Sirius A; 50 y
Barnard		9,54	M4V	3,0	5,6	-106,7	-106,7	89,6	0,00043	0,0045	0,25	ster met hoogste eigenbeweging
Proxima Cent.	$\alpha^3$ Centaurus	11,01	M5,5V	2,6	4,0	-22	-22	23,7	0,000056	0,0018	0,21	dichtstbijzijnde ster na de zon
Wolf 359	CN Leo	13,53	M6Ve	2,4	7,4	10	10	52	0,000018	0,0013	0,20	zeer zwakke ster

► Het vermogen van een ster wordt ook vaak de lichtsterkte of de lichtkracht van de ster genoemd.



## De zon

afstand zon – aarde, gem.	$1,496 \cdot 10^{11} \text{ m} = 1 \text{ AE}$	ontsnappingsnelheid	$6,1754 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$
perihelium, rond 4 januari	$1,47 \cdot 10^{11} \text{ m}$	rotatieperiode, siderisch	aan equator 25,7 d
aphelium, rond 4 juli	$1,52 \cdot 10^{11} \text{ m}$		op 75° breedte 33,4 d
massa	$1,9884 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	uitgestraald vermogen	$3,828 \cdot 10^{26} \text{ W}$
straal	$6,957 \cdot 10^8 \text{ m}$	zonneconstante op aarde	$1,361 \cdot 10^3 \text{ W m}^{-2}$
dichtheid, gemiddeld	$1,410 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$	schijnbare magnitude	-26,78
gravitatieversnelling	$273,6 \text{ m s}^{-2}$	centrale temperatuur	$1,55 \cdot 10^7 \text{ K}$
aan oppervlak		centrale druk	$2,33 \cdot 10^{16} \text{ Pa}$

## D

## De Melkweg

klasse	SBbc	aantal sterren	$2 - 4 \cdot 10^{11}$
		centrale deel	$5 \cdot 10^{10}$
afstand zon-middelpunt	$2,5 \cdot 10^{20} \text{ m}$	diameter	$9 \cdot 10^{20} \text{ m}$
omlooptijd zon	$2,45 \cdot 10^8 \text{ y}$	centrale deel	$2 \cdot 10^{20} \text{ m}$
omloopssnelheid zon	$2,20 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$	dikte	$3 \cdot 10^{19} \text{ m}$
lengte centrale arm	$2,4 \cdot 10^{20} \text{ m}$	centrale deel	$6 \cdot 10^{19} \text{ m}$
		massa	$7,5 \cdot 10^{11} m_{\odot}$
		centrale deel	$1,5 \cdot 10^{10} m_{\odot}$

## E

## De lokale groep

naam		afstand	visuele magnitude	klasse	diameter	massa	radiële snelheid
(totaal plm. 60 stelsels)		$10^{21} \text{ m}$			$10^{19} \text{ m}$	$m_{\odot}$	$10^3 \text{ m s}^{-1}$
Krabstelsel M1 = NGC 1952 ▶	Tau	0,066	8,4	supernovarestant	0,0057		
Dwergstelsel (dichtstbijzijnde)	CMa	0,22		Irr	0,0025		81
Grote Magelaense Wolk (LMC)	Dor	1,6	0,1	Irr SB(s)m	24	$10^{10}$	-270
Kleine Magelaense Wolk (SMC)	Tuc	2,0	2,3	dB(s)m pec	15	$1,5 \cdot 10^9$	158
Dwergstelsel Ursa Minor	UMi	1,9	10,9	dE4			-247
Dwergstelsel Sculptor	Scu	2,8	10,1	E (dwerg)			110
Stelsel Draco	Dra	2,5	10,9	dSph/E0 pec			-292
Fornax dwergstelsel	For	4,4	9,3	dSph/E2	19	$2 \cdot 10^7$	53
Dwergstelsel Leo I	Leo	8,5	9,8	dE3			285
Dwergstelsel Leo II	Leo	7,1	12,6	dSph/E0 pec			0
Barnard's stelsel NGC 6822	Sag	14	9,3	Irr (dwerg)	6	$10^9$	-40
IC 1613 = UGC 668	Cet	20	9,3	IBm	5,6		-234
M110 = Stelsel NGC 205	And	25	8,5	E5 E6p (dwerg)	13	$10^{10}$	-240
NGC 185	Cas	19	9,2	E3 Ell (dwerg)	2		-227
Andromedanevel M 31 = NGC 224	And	25	5,0	SA(s)b	160	$3 \cdot 10^{11}$	-275
Stelsel M 32 = NGC 221	And	25	9,5	E2 (dwerg)	7	$3 \cdot 10^9$	-210
NGC 147	Cas	21	9,5	E5 (dwerg)	8	$9 \cdot 10^9$	-250
Driehoekstelsel M 33 = NGC 598	Tri	27	7,8	SAc	50	$2,5 \cdot 10^{10}$	-190

▶ behoort tot onze Melkweg



Melkweg  $\subset$  Lokale groep  $\subset$  Virgo supercluster  $\subset$  superclusters  $\subset$  heelal

binnen deze afstand (ly)	aantal sterren	aantal dwergstelsels	aantal grote melkwegstelsels	aantal clusters	aantal superclusters
12,5	33				
250	$2,6 \cdot 10^5$				
$5 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^8$				
$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{11}$				
$5 \cdot 10^5$	$2,25 \cdot 10^{11}$	12	1		
$5 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^{11}$	46	3		
$1 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	200	
$1 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{17}$	$6 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^5$	100
zichtbare heelal	$3 \cdot 10^{22}$	$7 \cdot 10^{12}$	$3,5 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^7$

#### Voorbeelden van clusters

naam	afstand $10^{24}$ m	radiële snelheid $10^6$ ms $^{-1}$	aantal stelsels	rood verschuiving (relatief)
cluster in Virgo	0,66	1,15	2500	0,004
cluster in Perseus	3,1	5,4	500	
cluster in Coma Berenices	3,8	6,7	1500	
cluster I in Ursa Major	8,8	15,5	300	0,05
cluster in Corona Borealis	12	21,7	400	
quasar PG 0804 + 761	16	28		0,1
cluster II in Ursa Major	23	40,4	400	0,13
cluster in Hydra	34	60,5		0,2
quasar 3 C 48	51	92		0,37
quasar 3 C 446	118	211		1,4
quasar PHL 957	145	258		2,69

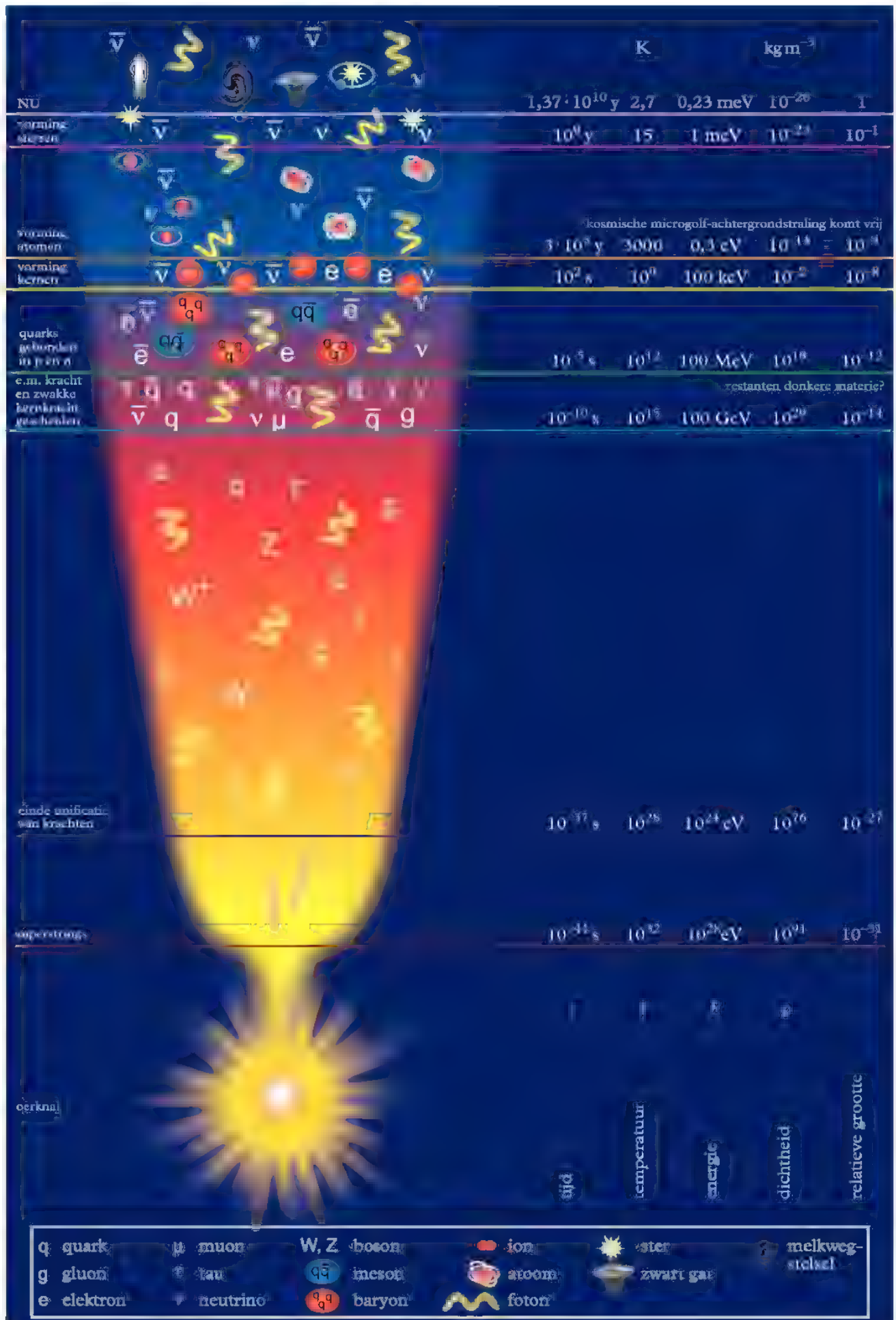
Hubble-constante  $H_0 = 2,28 (\pm 0,05) \cdot 10^{-18}$  ms $^{-1}$  m $^{-1}$

#### Voorbeelden van exoplaneten

ster	afstand	planeten	type <sup>2</sup>	afstand tot ster	omlooptijd	straal	massa	ontdekking
	ly			AE	d	m	$m_{\oplus}$	
HD114762 <sup>1</sup>	132	b	G	0,353	84		>3500	1989
PSR B1257	980	b	P	0,19	25	$1,4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^5$	1991
		c	P	0,36	66			1994
		d	P	0,46	98			1994
70 Virgo	59	b	G	0,48	116	$1,3 \cdot 10^9$	2400	1996
$\upsilon$ Andromedae	44	b	HJ	0,06	4,6		$2,3 \cdot 10^2$	1996
		c	HJ	0,83	241		$6,7 \cdot 10^2$	1999
		d	HJ	2,5	$1,3 \cdot 10^3$		$1,5 \cdot 10^3$	1999
Gliese 876	15,3	b	G	0,21	61,0		$6 \cdot 10^2$	1998
		c	G	0,13	30,1		$1,8 \cdot 10^2$	2000
		d	G	0,02	1,9		7,5	2005
		e	G	0,33	124		15	2010
Kepler 22	620	b	N	0,85	289,9	$1,53 \cdot 10^7$	35	2011
HAT-P-36 b	1035	b	G	0,024	1,3	$8,9 \cdot 10^7$	$5,9 \cdot 10^2$	2011

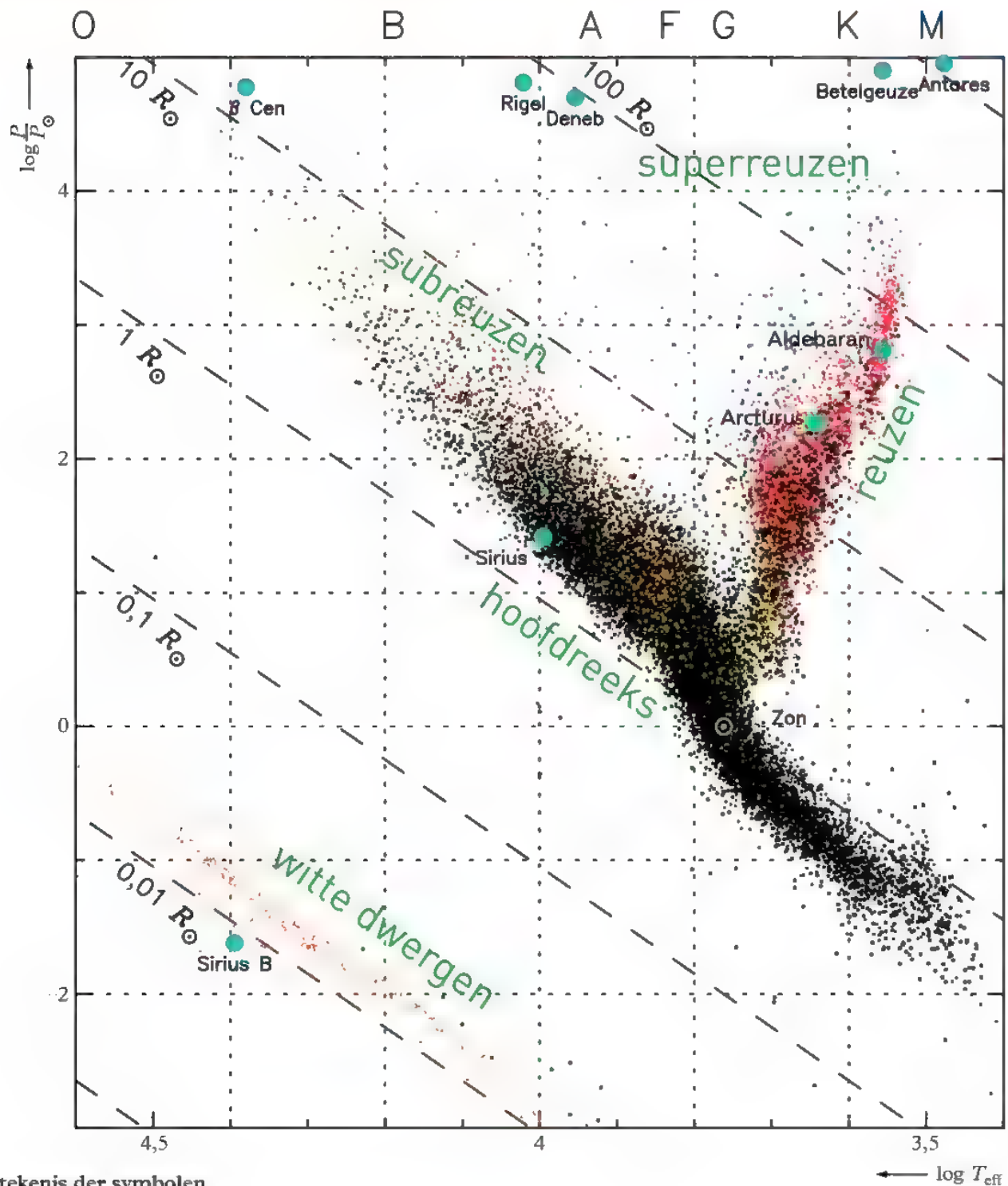
1 ► Bij ontdekking van nieuwe planeten krijgt de ster de naam a, de planeten heten b, c, d, etc.

2 ► type: G – gasreus, HJ – hete jupiterachtige, N – neptunusachtige, P – pulsarplaneet



## Spectraaltypen van sterren

Verband tussen de spectraalclassificatie en de temperatuur van sterren van de hoofdreeks



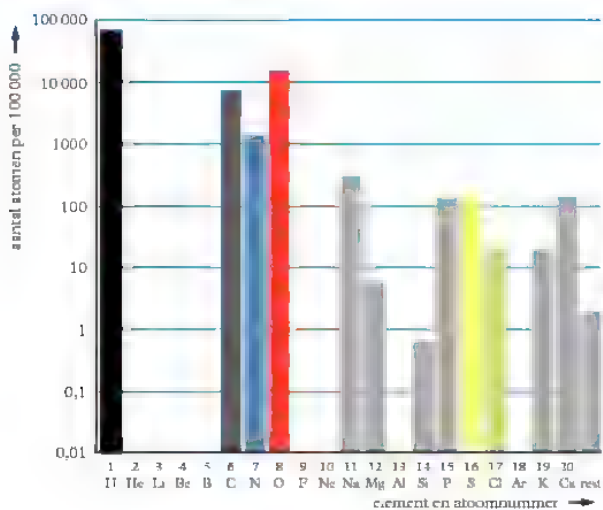
## Betekenis der symbolen

$P$  vermogen van de ster  
(wordt ook vaak lichtsterkte  
of lichtkracht  $L$  van de ster  
genoemd)

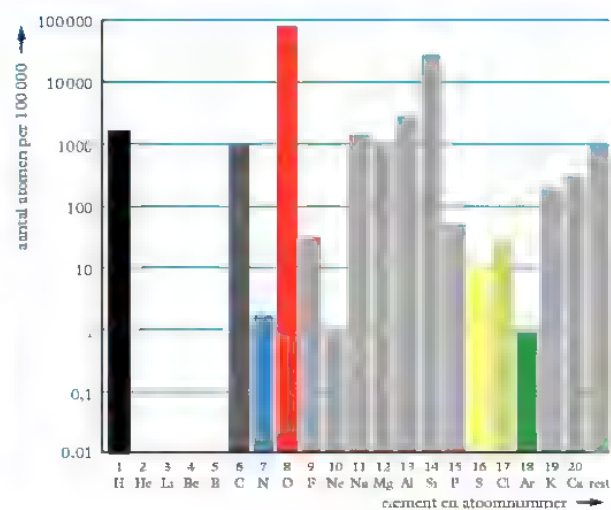
$R$  straal van de ster  
 $T$  temperatuur in K  
(alleen voor sterren van de hoofdreeks)  
☉ zon

● hoofdreeks  
● subreus  
● reus  
● heldere reus  
● superreus  
● witte dwerg

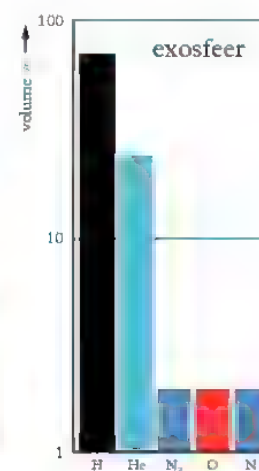
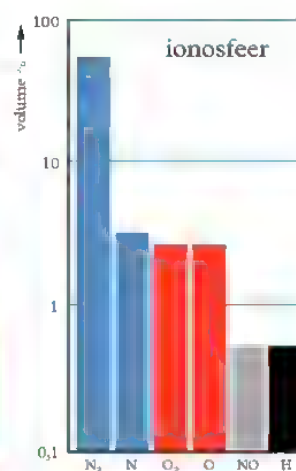
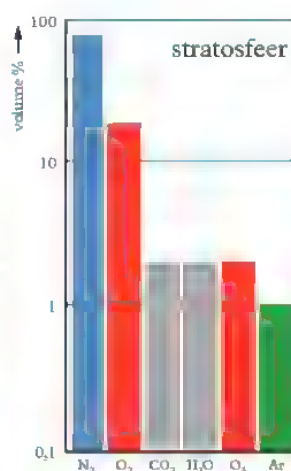
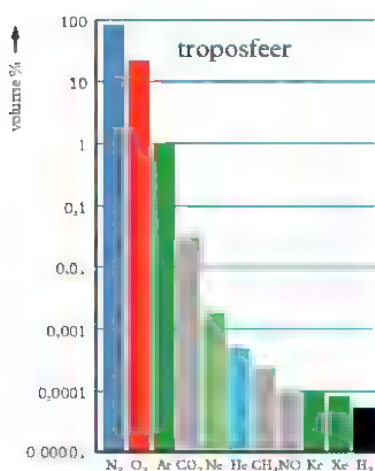
## menselijk lichaam



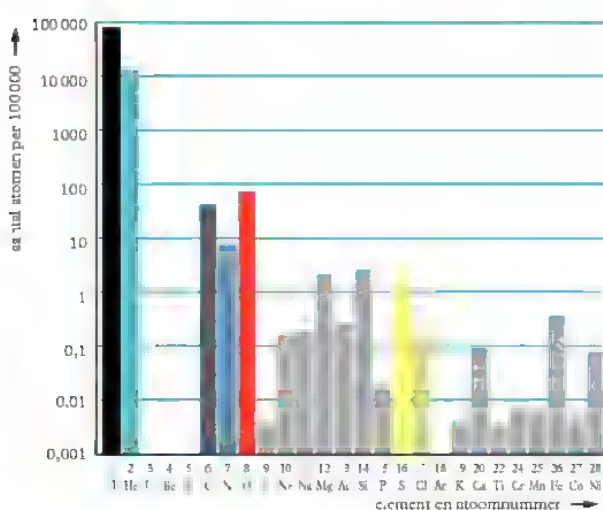
## aardkorst



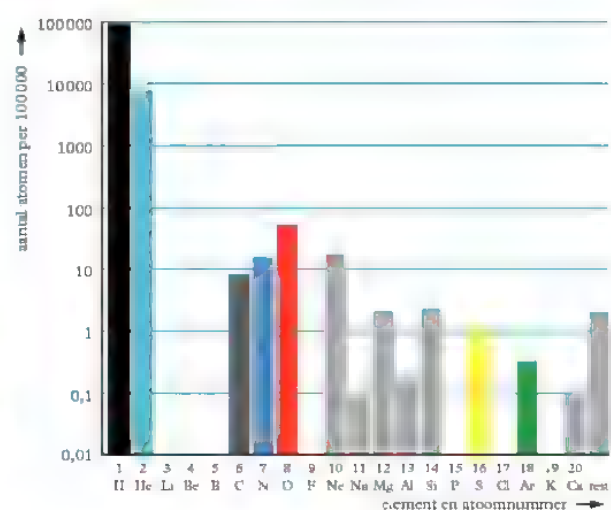
## atmosfeer van de aarde



## zon



## heelal



■ De verticale schaal is logaritmisch.

► Zie ook tabel 40B.



	havo/vwo	vwo	overige
<b>A1 Rechthoekige beweging</b>			
verplaatsing			$\Delta x = x_2 - x_1$
tijdsduur			$\Delta t = t_2 - t_1$
verplaatsing bij eenparige beweging	$s = vt$		
verplaatsing bij willekeurige beweging			$s = v_{\text{gem}} t$
plaatsfunctie eenparige beweging			$x_{(t)} = x_0 + vt$
gemiddelde snelheid	$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$		
snelheid	$v = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$	$v = \frac{dx}{dt}$	$v = x'$
gemiddelde versnelling	$a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$		
versnelling	$a = \left( \frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$	$a = \frac{dv}{dt}$	$a = v' - x''$
eenparig versnelde beweging			
plaatsfunctie			$x_{(t)} = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$
snelheidsfunctie			$v_{(t)} = v_0 + at$
<b>A2 Cirkelbeweging</b>			
afgelegde baan			$s = \varphi r$ $\varphi$ in rad
afgelegde hoek			$\varphi = \omega t$
hoeksnelheid			$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
baansnelheid	$v = \frac{2\pi r}{T}$		$v = \omega r = 2\pi fr$
middelpuntzoekende versnelling			$a_{\text{mpz}} = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} = \omega v$
middelpuntzoekende kracht	$F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$		$F_{\text{mpz}} = m\omega^2 r = m\omega v$
<b>A3 Kracht en impuls</b>			
resulterende kracht		$\vec{F}_{\text{res}} = \sum \vec{F}_i$	
tweede wet van Newton	$F_{\text{res}} = ma$	$\vec{F}_{\text{res}} = \sum \vec{F}_i = m\vec{a}$	
derde wet van Newton		$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$	
zwaartekracht	$F_z = mg$	$\vec{F}_z = m\vec{g}$	
maximale wrijvingskracht bij schuiven		$F_{w,s,\text{max}} = f F_n$	
luchtweerstandskracht		$F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho C_w A v^2$	
veerkracht	$F_v = Cu$		
impuls			$p = mv$
wet van behoud van impuls			$\sum \vec{p}_{\text{voor}} = \sum \vec{p}_{\text{na}}$
kracht en impuls			$F = \frac{dp}{dt}$
krachtstoot (bewegingswet)			$\vec{S} = \vec{F} \Delta t = m \Delta \vec{v} = \Delta \vec{p}$

	havo/vwo	vwo	overige
<b>A4 Arbeid en energie</b>			
arbeid	$W' = Fs$	$W = Fs \cos \alpha$	$W = \int F_s ds$
kinetische energie	$E_k = \frac{1}{2} mv^2$		
zwaarte-energie	$E_z = mgh$		
veerenergie		$E_v = \frac{1}{2} Cu^2$	
wet van arbeid en energie	$W'_{\text{tot}} = \Delta E_k$	$\sum W' = \Delta E_k$	
wet van behoud van energie	$E_{\text{tot, in}} = E_{\text{tot, uit}}$	$\sum E_{\text{in}} = \sum E_{\text{uit}}$	
vermogen	$P = \frac{W'}{t} = \frac{E}{t} = Fv$		
chemische energie	$E_{\text{ch}} = r_1 \cdot V$ $E_{\text{ch}} = r_m m$		
rendement	$\eta = \frac{E_{\text{outg}}}{E_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{outg}}}{P_{\text{in}}}$		
windvermogen			$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$
<b>A5 Gravitatie</b>			
gravitatiekracht	$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$		
gravitatie-energie (t.o.v. oneindig)		$E_g = -G \frac{mM}{r}$	
perkenwet van Kepler			$\omega r^2 = \text{constant}$
cirkelbaan van Kepler			$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$
<b>A6 Vervorming</b>			
druk			$p = \frac{F}{A}$
relatieve rek			$e = \frac{\Delta l}{l_0}$
elasticiteitsmodulus			$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$
mechanische spanning			$\sigma = \frac{F}{A}$
veerconstante	$C = \frac{F}{u}$		
wet van Hooke			$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l_0}$
compressiemodulus			$K = -\frac{V}{\Delta V} p$
<b>A7 Statica en rotatie</b>			
hefboomwet	$F_1 r_1 = F_2 r_2$		
krachtmoment			$M = F_1 r$
evenwichtsvoorwaarden			$\sum \vec{M} = 0$ en $\sum \vec{F} = 0$
hoeksnelheid			$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \varphi'$
hoekversnelling			$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \omega' = \varphi''$
traagheidsmoment			
algemeen			$I = \sum m_i r_i^2$

	havo/vwo	vwo	overige
holle cilinder (lichaamsas)			$I = mR^2$
massieve cilinder (lichaamsas)			$I = \frac{1}{2}mR^2$
holle bol (as door M)			$I = \frac{2}{3}mR^2$
massieve bol (as door M)			$I = \frac{2}{5}mR^2$
schijf (as in vlak schijf door M)			$I = \frac{1}{4}mR^2$
staaf (as $\perp$ staaf door M)			$I = \frac{1}{12}ml^2$
staaf (as $\perp$ staaf door eindpunt)			$I = \frac{1}{3}ml^2$
impulsmoment voorwerp			$L = I\omega$
impulsmoment puntmassa			$L = mv_{\perp} r$
krachtmoment			$M = I\alpha$
rotatie-energie			$E = \frac{1}{2}I\omega^2$
torsieconstante			$\kappa = \frac{M}{\phi}$

### B1 Trillingen

frequentie  $f = \frac{1}{T}$

faseverschil, faseachterstand

harmonische trilling

uitwijking

maximale snelheid

kracht

gedempte harmonische trilling

trillingstijd

massa-veersysteem

mathematische slinger

fysische slinger

torsieslinger

$$\Delta\phi = \frac{\Delta t}{T}$$

$$u = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}$$

$$\vec{F}_{\text{res}} = -C\vec{u}$$

$$u(t) = Ae^{\delta t} \sin(2\pi ft)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{\kappa}}$$

### B2 Golven

golfsnelheid  $v = f\lambda$

faseachterstand

voorplantingssnelheid lopende golf

transversale golf in koord of snaar

$$\Delta\phi = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \sqrt{\frac{F_s l}{m}}$$

	havo/vwo	vwo	overige
transversale golf aan vloeistofoppervlak			$v = \sqrt{gh}$
longitudinale golf in vaste stof			$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$
longitudinale golf in vloeistof			$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$
longitudinale golf in gas			$v = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \frac{p}{\rho}} = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \frac{RT}{M}}$
voorwaarde voor staande golf			
twee vaste of twee open uiteinden		$l = n \frac{1}{2} \lambda$	
een open en een gesloten uiteinde		$l = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda$	
brekingswet van Huygens			$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n_{1 \rightarrow 2}$
dopplereffect (klassiek)			$f_w = f_b \frac{v - v_w}{v - v_b}$
geluiddrukkniveau in dB(A); $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$			$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$
geluidintensiteitsniveau in dB(A); $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$			$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$
intensiteit volgens kwadratenwet		$I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$	
<b>B3 Geometrische optica</b>			
terugkaatsingswet			$\angle i = \angle t$
brekingswet			$n_{1 \rightarrow 2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$
brekingswet van Snellius			$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{1 \rightarrow 2}$
lenzenformule			$S = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$
vergroting			$N_{\text{lin}} = \left  \frac{b}{v} \right $
grenshoek			$\sin g = \frac{1}{n}$
hoekvergroting loep bij ongeaccommodeerd oog			$N_{\text{ang}} = \frac{n}{f}$
sterkte dunne lens			$S = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$
sterkte lenzenstelsel			$S = S_1 + S_2 + \dots$
vergroting telescoop			$N_{\text{ang}} = \frac{f_{\text{obj}}}{f_{\text{oc}}}$
bolle (holle) spiegel			$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$
<b>B4 Golfoptica</b>			
maxima tralie		$d \sin \alpha_n = n\lambda$	
dubbele spleet			$d \sin \alpha_n = n\lambda$
braggreflectie			$2d \sin \alpha_n = n\lambda$



	havo/vwo	vwo	overige
<b>C1 Algemeen</b>			
dichtheid	$\rho = \frac{m}{V}$		
druk			$p = \frac{F}{A}$
debiet	$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = Av$		
temperatuur	$T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$		
uitzetting:			
lengte			$l = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$
volume			$V = V_0 (1 + \gamma \Delta T) \quad \gamma = 3\alpha$
<b>C2 Vloeistoffen</b>			
druk (statisch)			$p = \rho gh$
druk (bewegend)			$p = \frac{1}{2} \rho v^2$
wet van Archimedes			$F_{\text{opw}} = \rho g V$
continuïteit			$Av = \text{constant}$
wet van Bernoulli			$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constant}$
wet van Stokes			$F_w = 6\pi\eta r v$
wet van Poiseuille			$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi r^4}{8\eta l} \Delta p$
<b>C3 Gassen</b>			
algemene gaswet			$pV = nRT$
formule van Van der Waals			$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$
uitzetting			
constante druk			$V_i = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$
constant volume			$p_i = p_0 (1 + \gamma \Delta T)$
molaire massa			$M = N_A m_{\text{molecuul}}$
massa van een hoeveelheid gas			$m = nM$
adiabaat			$pV^\gamma = \text{constant} \quad \gamma = \frac{c_p}{c_v}$
gemiddelde absolute snelheid			$\overline{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_m}}$
meest waarschijnlijke snelheid			$v_w = \sqrt{\frac{2kT}{m_m}}$
<b>C4 Warmteleer</b>			
soortelijke warmte	$Q = cm\Delta T$		$c = \frac{C}{m}$
soortelijke warmte gas			
bij constante druk			$c_p = \frac{Q_p}{m\Delta T}$
bij constant volume			$c_v = \frac{Q_v}{m\Delta T}$
smeltwarmte			$r_s = \frac{Q_s}{m}$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
verdampingswarmte			$r_v = \frac{Q_v}{m}$
uitwendige arbeid verricht door een gas			$W_u = p\Delta V$
eerste hoofdwet			$Q = \Delta E_{\text{pot}} + \Delta E_k + W_u$
rendement motor			$\eta = \frac{W_u}{Q}$
rendement carnotmachine			$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
tweede hoofdwet			$\eta = \frac{W_u}{Q} < 1$
entropie			$S = k \ln W$
entropieverandering			$\Delta S = \int \frac{1}{T} dQ$
warmtestroom	$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$		$P = \frac{dQ}{dt}$

**D1 Stromende elektriciteit**

stroomsterkte	$I = \frac{Q}{t}$	$U = \frac{\Delta E}{Q}$	
spanning			
wet van Ohm	$U = IR$		$I = GU$
geleidbaarheid			$G = \frac{1}{R}$
serieschakeling			
stroomsterkte	$I_{\text{tot}} = I_1 = I_2 = \dots$		
spanning	$U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + \dots$		
weerstand en geleiding	$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots$		$\frac{1}{G_{\text{tot}}} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots$
parallelschakeling			
stroomsterkte	$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + \dots$		
spanning	$U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = \dots$		
weerstand en geleiding	$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$		$G_{\text{tot}} = G_1 + G_2 + \dots$
vermogen elektrische stroom	$P = UI$		
energie	$E = Pt$		
soortelijke weerstand	$\rho = \frac{RA}{l}$		
weerstand afhankelijk van temperatuur			$R_t = R_0(1 + \alpha \Delta T)$
wetten van Kirchhoff			
stroomsterkte: voor een punt			$\sum_i I_i = 0$
spanning: voor een kring			$\sum_i U_i = 0$
elektrolyse			$m = AIt = \frac{A}{Fv} It$

havo/vwo

vwo

overige

**D2 Elektrisch veld**

wet van Coulomb

$$F_{cl} = f \frac{qQ}{r^2}$$

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0}$$

spanning (t.o.v.  $\infty$ ) bij een puntlading

$$U_{cl} = f \frac{Q}{r}$$

elektrische veldkracht

$$\vec{F}_{cl} = q\vec{E}$$

veldsterkte en spanning

$$E = \frac{U}{\Delta x}$$

toename elektrische energie

$$\Delta E_{cl} = qU$$

kinetische energie in elektrisch veld

$$\Delta E_k = -\Delta E_{cl}$$

arbeid door elektrisch veld

$$W_{A \rightarrow B} = qU_{AB}$$

condensator

capaciteit

$$C = \frac{Q}{U}$$

energie

$$E = \frac{1}{2} CU^2$$

stroom bij opladen

$$I_{\infty} = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

spanning bij opladen

$$U_{\infty} = U_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

serie

$$\frac{1}{C_{\text{tot}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

parallel

$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2 + \dots$$

**D3 Magnetisch veld**

lorentzkracht

op stroomvoerende draad

$$F_L = BIl$$

$$F_L = BIl \sin \alpha$$

op bewegend geladen deeltje

$$F_L = Bqv$$

$$F_L = Bqv \sin \alpha$$

magnetische flux

$$\Phi = B_{\perp} A$$

$$\Phi = BA \cos \alpha$$

magnetische inductie (veldsterkte)

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

bij een lange draad

$$B = \mu \frac{I}{2\pi r}$$

magnetische inductie

$$B = \mu \frac{NI}{l}$$

in een lange spoel

$$B = \mu \frac{NI}{l} \frac{l}{\sqrt{l^2 + 4r^2}}$$

in een korte spoel

$$B_{\text{as}} = \frac{1}{2} \mu \frac{r^2 I}{(r^2 + l^2)^{3/2}}$$

ten gevolge van één winding

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{r} l$$

wet van Ampère

**D4 Wisselstroom en inductie**

inductiespanning

$$U_{\text{ind}} \propto N$$

$$U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$$

$$U_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

zelfinductiespanning

$$U_{\text{zelfind}} = -L \frac{dI}{dt}$$

	havo/vwo	vwo	overige
coëfficiënt van zelfinductie			
lange spoel			$L = \mu \frac{N^2 A}{l}$
in serie			$L_{\text{tot}} = L_1 + L_2 + \dots$
parallel			$\frac{1}{L_{\text{tot}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$
energie van stroomspoel			$E = \frac{1}{2} LI^2$
stroomsterkte in stroomspoel bij uitschakelen			$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$
capaciteit plaatcondensator			$C = \frac{\epsilon A}{d}$
wisselspanning			$U = U_{\text{max}} \sin(2\pi ft)$
wisselstroom			$I = I_{\text{max}} \sin(2\pi ft)$
effectieve spanning			$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\text{max}}$
effectieve stroomsterkte			$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\text{max}}$
effectief vermogen			$P_{\text{eff}} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} = \frac{1}{2} P_{\text{max}}$
(ideale) transformator			
spanning			$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$
stroomsterkte			$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p}$
vermogen			$P_p = P_s$

**E1 Straling**

wet van Stefan-Boltzmann

wet van Wien

dopplerverschuiving

wet van Lambert-Beer

$$\lambda_{\text{max}} T = k_W$$

$$P_{\text{bron}} = \sigma A T^4$$

$$v = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} c$$

$$I_{(x)} = I_0 e^{-\alpha x}$$

**E2 Atoomfysica**

energie van een foton

snelheid e.m. straling

spectraallijn

uittree-arbeid

foto-elektrisch effect

impuls van een foton

atoommodel van Bohr

baanstraal

energie waterstofatoom

$$E_f = hf$$

$$c = f\lambda$$

$$E_f = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E_f = |E_m - E_n|$$

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ (in eV)}}{n^2}$$

$$W = hf_{\text{grens}}$$

$$E_k \leq hf - W_u$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi e^2 m_e} n^2$$

$$E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2}$$



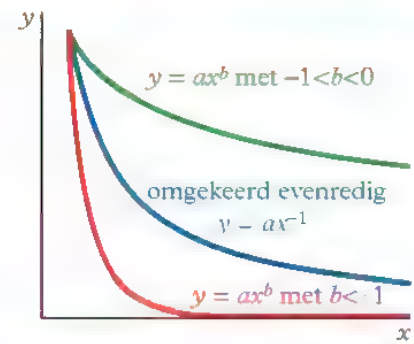
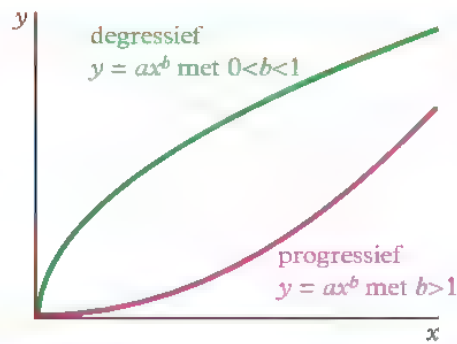
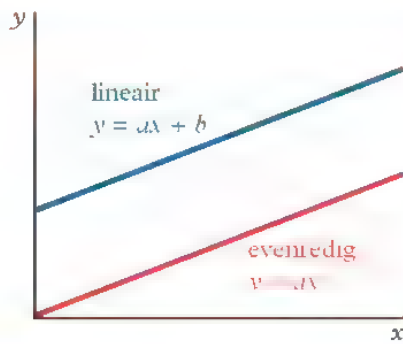
	havo/vwo	vwo	overige
<b>E3 Kernfysica en radioactiviteit</b>			
aantal nucleonen in kern	$A = N + Z$		
massa-energielatie		$E = mc^2$	
aantal moederkernen	$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad n = \frac{t}{t_{1/2}}$	$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$	
(radio)activiteit	$A = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}}$ $A_{\text{gem}} = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$ $A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad n = \frac{t}{t_{1/2}}$	$A = -\frac{dN}{dt}$ $A = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N$ $A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$	
verzwakking $\gamma$ -straling	$I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad n = \frac{d}{d_{1/2}}$	$I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$	
gemiddelde energie $\beta$ -deeltje			$\bar{E} = \frac{1}{3} E_{\text{max}}$
(geabsorbeerde stralings)dosis	$D = \frac{E}{m}$		
dosisequivalent	$H = w_R D$		
effectieve totale lichaamsdosis			$H_{\text{eff}} = \sum w_{\text{org}} H_{\text{org}}$
effectieve halveringstijd			$t_{1/2 \text{ eff}} = \frac{t_{1/2} \cdot t_{1/2 \text{ biol}}}{t_{1/2} + t_{1/2 \text{ biol}}}$
<b>E4 Quantummechanica</b>			
golflengte van de Broglie		$\lambda = \frac{h}{m_0 v}$	$\lambda = \frac{h}{p}$
onzekerheidsrelatie van Heisenberg (plaats en impuls)			$\Delta x \Delta p > \frac{h}{4\pi}$
deeltje-in-een-doosje-model (eendimensionaal)		$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$	
normeringsvoorwaarde			$\int_{-\infty}^{\infty}  \psi(x) ^2 dx = 1$
schrödingervergelijking (waterstofatoom)			$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{d^2 \psi}{dy^2} + \frac{d^2 \psi}{dz^2} = -\frac{8\pi^2 m}{h^2} \left(E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}\right) \psi$
<b>E5 Vaste-stof-fysica</b>			
driftsnelheid			$v_D = \frac{eU}{m_e l} \tau$
stroom			$I = nev_D A$
hallspanning			$U_H = Bv_D b$
PTC-weerstand			$R = R_0 (1 + \alpha t)$
NTC-weerstand			$R_{(T)} = Ce^{\frac{B}{T}}$
<b>E6 Relativiteitstheorie</b>			
energie (Einstein)		$E = mc^2$	$E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$
gammafactor			$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

havo/vwo	vwo	overige
tijddilatatie (tijdrek)		$\Delta t_b = \frac{\Delta t_c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t_c$
lorentzcontractie (lengtekrimp)		$l_b = l_c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{l_c}{\gamma}$
samenstellen snelheden		$w = \frac{u+v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$
dopplereffect		$f_b = f_c \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$
relativistische massa		$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_0$








**E7 Weerkunde en natuurkunde van de atmosfeer**

barometrische hoogteverdeling	$p_{(h)} = p_0 e^{-\frac{M_y g h}{R T}}$
ideale gaswet voor open systemen	$\rho = \frac{pM}{RT}$
relatieve luchtvochtigheid	$e_{(T)} = \frac{p_{(T)}}{p_{\max(T)}}$
wolkenhoogte	$h_c = c (T - T_d)$
valsnelheid voor kleine regendruppels (mist)	$v = \frac{2\rho g}{9\eta} r^2$

► Formule hoort niet bij het examenprogramma vwo.



## Lengte, oppervlakte en volume

		lengte	oppervlakte	volume
	cirkel $d = 2r$	omtrek $2\pi r$	$\pi r^2$	
	boog	$\alpha r$		
	sector met middelpuntshoek $\alpha$		$\frac{1}{2}\alpha r^2$	
	bol		$4\pi r^2$	$\frac{4}{3}\pi r^3$
	cilinder		$2\pi rh + 2\pi r^2$	$\pi r^2 h$
	kegel		$\pi r\sqrt{r^2 + h^2} + \pi r^2$	$\frac{1}{3}\pi r^2 h$
	piramide			$\frac{1}{3}Ah$

## Vermenging

De oplossingen van  $ax^2 + bx + c = 0$  zijn:  $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  ( $a \neq 0$  en  $b^2 - 4ac \geq 0$ )

## Machten en logaritmen

$a^p \cdot a^q = a^{p+q}$	$(a > 0)$	$(a^p)^q = a^{pq}$	$(a > 0)$
$(a \cdot b)^p = a^p \cdot b^p$	$(a, b > 0)$	$a^{-p} = \left(\frac{1}{a}\right)^p = \frac{1}{a^p}$	$(a > 0)$
$b = a^p \Leftrightarrow a = b^{\frac{1}{p}}$	$(a, b > 0; p \neq 0)$	$y = e^x \Leftrightarrow x = \ln y$	$(y > 0)$
${}^a \log uv = {}^a \log u + {}^a \log v$	$(a > 0; u, v > 0)$		
${}^a \log u^v = v \cdot {}^a \log u$	$(a > 0; a \neq 1; u > 0)$		
${}^a \log u = \frac{{}^b \log u}{{}^b \log a}$	$(a, b, u > 0; a, b \neq 1)$		

## Cirkel, ellips, hyperbool, parabool

cirkel  $x^2 + y^2 = r^2$

ellips  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

hyperbool  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$

parabool  $y = ax^2$

excentriciteit  $\epsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$

raaklijnen  $y = \pm \frac{b}{a}x$

afstand brandpunt-top  $\frac{1}{4}a$

<i>functie</i>	<i>afgeleide</i>	<i>primitieve</i>
$f(x)$	$f'(x) = \frac{df}{dx}$	$F(x) = \int f(x) dx$
$f(x) + g(x)$	$f'(x) + g'(x)$	
$C \cdot f(x)$	$C \cdot f'(x)$	
$f(x) \cdot g(x)$	$f'(x) \cdot g(x) + f(x) \cdot g'(x)$	
$\frac{f(x)}{g(x)}$	$\frac{f'(x) \cdot g(x) - f(x) \cdot g'(x)}{g^2(x)}$	
$f(g(x))$	$g'(x) \cdot f'(g(x))$	
$ax^n$	$nax^{n-1}$	$\frac{1}{n+1}ax^{n+1} + C \quad (n \neq -1)$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\ln x + C$
$\sin x$	$\cos x$	$-\cos x + C$
$\cos x$	$-\sin x$	$\sin x + C$
$\tan x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$	$-\ln \cos x + C$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$x \ln x - x + C$
$a \log x$	$\frac{1}{x \ln a}$	$\frac{1}{\ln a}(x \ln x - x) + C \quad (a > 0)$
$e^{ax}$	$ae^{ax}$	$\frac{1}{a}e^{ax} + C \quad (a \neq 0)$
$p^x$	$p^x \ln p$	$\frac{1}{\ln p} \cdot p^x + C \quad (p > 0, p \neq 1)$



$$\begin{aligned}\sin(-t) &= -\sin t & \cos(-t) &= \cos t & \tan t &= \frac{\sin t}{\cos t} \\ \sin\left(\frac{1}{2}\pi - t\right) &= \cos t & \cos\left(\frac{1}{2}\pi - t\right) &= \sin t & \tan\left(\frac{1}{2}\pi - t\right) &= \frac{1}{\tan t} \\ \sin 2t &= 2 \sin t \cdot \cos t & \cos 2t &= \cos^2 t - \sin^2 t = 2 \cos^2 t - 1 = 1 - 2 \sin^2 t \\ \text{sinusregel: } \frac{a}{\sin \alpha} &= \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2r \quad (r \text{ is de straal van de omschreven cirkel}) \\ \text{cosinusregel: } c^2 &= a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma \\ \sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \\ \sin \alpha + \sin \beta &= 2 \sin\left(\frac{1}{2}(\alpha + \beta)\right) \cos\left(\frac{1}{2}(\alpha - \beta)\right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{rekenkundige rij} \quad \sum_{i=1}^n a + (i-1)v &= na + \frac{n(n-1)}{2}v \\ \text{meetkundige rij} \quad \sum_{i=1}^n ar^{i-1} &= a \frac{r^n - 1}{r - 1} & \sum_{i=1}^{\infty} ax^{i-1} &= a \frac{1}{1-x} \quad (-1 < x < 1) \\ \text{Taylor} \quad f(a+h) &= f(a) + hf'(a) + \frac{h^2}{2!}f''(a) + \frac{h^3}{3!}f'''(a) + \dots + \frac{h^n}{n!}f^{(n)}(a + \theta h) \quad \text{met } 0 < \theta < 1 \\ e^x &= 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots \\ \sin x &= x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots \\ \cos x &= 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots \\ \ln(x+1) &= x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \dots \quad (-1 < x < 1) \\ (1 \pm a)^n &\approx 1 \pm na \quad \text{voor } |a| \ll 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{som} \quad \sum_{i=1}^n a_i &= a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n \\ \text{product} \quad \prod_{i=1}^n a_i &= a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \dots \cdot a_n \\ \text{faculteit} \quad n! &= 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n \\ \text{binomiaalcoëfficiënt} \quad \binom{n}{k} &= \frac{n!}{k!(n-k)!} \\ \text{J-kromme} \quad f(x) &= ae^{bx} & \frac{df}{dx} &= bf \\ \text{S-kromme} \quad f(x) &= \frac{a}{b + e^{cx}} & \frac{df}{dx} &= cf\left(1 - \frac{b}{a}f\right)\end{aligned}$$

# Scheikundeformules

## Reactiesnelheid

reactie:



reactiesnelheid:

$$s = -\frac{1}{m} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{n} \frac{d[B]}{dt} = +\frac{1}{q} \frac{d[C]}{dt} = +\frac{1}{r} \frac{d[D]}{dt}$$

1e orde reactie:



$$s = k[A]$$

$$\ln \frac{[A]_0}{A} = kt$$

2e orde reactie:



$$s = k[A]^2$$

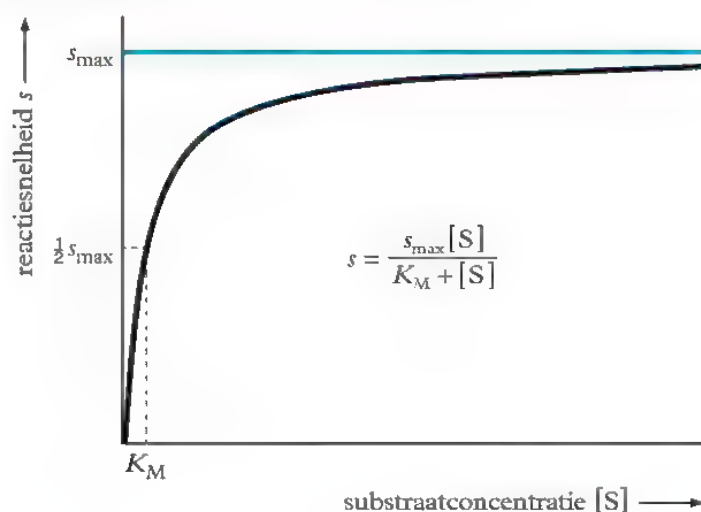
$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$$



$$s = k[A][B]$$

$$\frac{1}{[A]_0 - [B]_0} \ln \frac{[A][B]_0}{[A]_0[B]} = kt$$

enzymatische reactie (Michaelis-Menten)



verband tussen reactieconstante ( $k_T$ )  
en activeringsenergie ( $E_a$ ):

$$k_T = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

$$E_a = R \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}}$$

## B

## Chemisch evenwicht

homogeen systeem



concentratiebreuk

$$Q_c = \frac{[C]^q [D]^r}{[A]^m [B]^n}$$

voor gasevenwichten geldt ook

$$Q_p = \frac{p_C^q p_D^r}{p_A^m p_B^n}$$

bij evenwicht geldt

$$Q_c = K_c$$

voor gasvormige stoffen geldt ook

$$Q_p = K_p$$

$$\log K'_c = \log K_p + (m + n - q - r) \log RT$$

•  $K'_c$  in SI-eenheden

verandering van gibbsenergie  
(vrije-enthalpieverandering)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \text{ (bij constante } T\text{)}$$

bij benadering geldt

$$\Delta G^0(T) = \Delta H^0(298) - T\Delta S^0(298)$$

verband tussen de evenwichtsconstante  
en de verandering van de gibbsenergie

$$\Delta G^0(T) = -RT \ln K$$

stroomsterkte

$$I = \frac{Q}{t}$$

constante van Faraday

$$F = N_A e = \frac{Q}{n}$$

vergelijkingen van Nernst voor de halfreactie



$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} = E^0 + \frac{0,059}{n} \log \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} \text{ bij } 298 \text{ K}$$

wet van Lambert-Beer

$$E = \epsilon[A]l$$

extinctie

$$E = -\log \frac{I}{I_0}$$

transmissie

$$T = \frac{I}{I_0}$$

trillingsfrequentie

$$f = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

$k$  = bindingssterkte

gereduceerde massa

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

capaciteitsverhouding

$$k'_i = \frac{t_{Ri} - t_{R0}}{t_{R0}} = \frac{c_s V_s}{c_m V_m}$$

$t_R$  = retentietijd

resolutiefactor

$$R_S = \frac{1,18 \Delta t_R}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

$\sigma$  = piekbreedte op halve  
piekhoogte

als  $\sigma_1 = \sigma_2$  geldt

$$R_S = \frac{k'_2 - k'_1}{4(1 + k'_1)} \sqrt{N}$$

$N$  = schotelgetal

Rf-waarde

$$R_f = \frac{\text{afstand van startlijn tot zwaartepunt stofvlek}}{\text{afstand startlijn tot vloeistoffront}}$$

chemische hoeveelheid

$$n = \frac{m}{M}$$

aantal deeltjes

$$N = nN_A$$

molaire volume

$$V_m = \frac{V}{n}$$

concentratie

$$c(B) = \frac{n_B}{V_{\text{oplossing}}} \text{ of } [B] = \frac{n_B}{V_{\text{oplossing}}}$$

massaconcentratie

$$\gamma(B) = \frac{m_B}{V_{\text{oplossing}}}$$

dichtheid

$$\rho = \frac{m}{V}$$

atoomeconomie

$$\frac{m_{\text{product}}}{m_{\text{beginstoffen}}} \times 100\%$$

Zie tabel 97A.

rendement

$$\frac{\text{praktische opbrengst}}{\text{theoretische opbrengst}} \times 100\%$$

*E*-factor

$$\frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}$$

pH

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

pOH

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

waterconstante

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

$$\text{p}K_w = \text{pH} + \text{pOH}$$



symbool	betekenis	eenheid	omschrijving
$Z$	atoomnummer	—	aantal protonen in de kern
$A_r$	relatieve atoommassa	— <sup>1</sup>	massa van 1 atoom gedeeld door $\frac{1}{12}$ van de massa van het atoom $^{12}\text{C}$
$M_r$	relatieve molecuulmassa	— <sup>1</sup>	massa van 1 molecuul gedeeld door $\frac{1}{12}$ van de massa van het atoom $^{12}\text{C}$
$d$	relatieve dichtheid (t.o.v. waterstof)	—	massa van $a$ liter gasvormige stof gedeeld door de massa van $a$ liter waterstofgas, gemeten bij dezelfde temperatuur en druk
$N$		—	aantal moleculen
$n$	hoeveelheid stof	mol	
$N_A$	constante van Avogadro	$\text{mol}^{-1}$	molaire deeltjesaantal ( $6,022\,140\,76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )
$M$	molaire massa	$\text{g mol}^{-1}$	massa per mol stof
$\rho$	dichtheid	$\text{kg m}^{-3} = \text{g L}^{-1}$ <sup>2</sup>	
$m$	massa	kg of g <sup>2</sup>	
$p$	druk	Pa	
$p_0$	standaarddruk	Pa	$101\,325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$
$p_A$	partiële druk van A	Pa	
$T$	temperatuur	K	
$V$	volume	$\text{L}^{2,3}$	
$V_m$	molair volume	$\text{L mol}^{-1}$	volume per mol stof
$[B]$	concentratie van B	$\text{mol L}^{-1}$	chemische hoeveelheid van deeltjessoort B dat per liter aanwezig is
$[B]_0$	beginconcentratie van B	$\text{mol L}^{-1}$	chemische hoeveelheid van deeltjessoort B dat per liter aanwezig is bij het begin van de reactie
$a \text{ M}$	molariteit $a$ <sup>3</sup>	$\text{mol L}^{-1}$	$a$ = chemische hoeveelheid stof per liter oplossing
$R$	gasconstante	$\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$8,314\,462\,618\,153\,24 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
$k$	reactieconstante	$\text{L}^n \text{ mol}^{-n} \text{ s}^{-1}$ <sup>4</sup>	
$s$	reactiesnelheid	$\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$	
$K_c$ of $K$	(concentratie-) evenwichtsconstante	$\text{mol}^n \text{ L}^{-n}$ <sup>5,6</sup>	
$K_p$	(druk-) evenwichtsconstante	$\text{Pa}^n$ <sup>5,6</sup>	
$K_z$	zuurconstante		
$K_b$	baseconstante		
$K_w$	waterconstante		
$K_d$	dissociatieconstante		
$K_s$	oplosbaarheidsproduct		
$K_{\text{solv}}$	ionisatieconstante		
pH	waterstofexponent	— <sup>7</sup>	$-\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ mol L}^{-1}$
pOH		— <sup>7</sup>	$-\log [\text{OH}^-] \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} \text{ mol L}^{-1}$
pZ of $\text{p}K_z$		— <sup>7</sup>	$-\log K_z \Leftrightarrow K_z = 10^{\text{pZ}}$
pB of $\text{p}K_b$		— <sup>7</sup>	$-\log K_b \Leftrightarrow K_b = 10^{\text{pB}}$
pI		— <sup>7</sup>	iso-elektrisch punt
$\alpha$	ionisatiegraad		geïoniseerde hoeveelheid elektrolyt, gedeeld door de oorspronkelijke hoeveelheid elektrolyt

<i>symbool</i>	<i>betekenis</i>	<i>eenheid</i>	<i>omschrijving</i>
$H$	enthalpie	J	
$\Delta H$	enthalpieverandering	J	hoeveelheid warmte die door een systeem wordt opgenomen bij een proces dat bij constante druk plaatsvindt
$\Delta H^0$	enthalpieverandering onder standaardomstandigheden	J	$\Delta H$ van een proces bij $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$
$\Delta_f H^0$	vormingsenthalpie onder standaardomstandigheden	$\text{J mol}^{-1}$	$\Delta H$ bij de vorming van een mol stof uitgaande van de elementen: $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$
$G$	gibbsenergie (vrije enthalpie)	J	
$\Delta G$	verandering van de gibbsenergie	J	
$\Delta G^0(T)$	verandering van de gibbsenergie onder standaardomstandigheden	J	$\Delta G$ van een proces bij $T$ en $p = p_0$
$S$	entropie	$\text{J K}^{-1}$	
$S^0$	absolute entropie onder standaardomstandigheden	$\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\Delta S$ bij de verwarming van een mol stof van $0\text{ K}$ tot $298\text{ K}$ bij $p = p_0$
$\Delta S$	entropieverandering	$\text{J K}^{-1}$	
$\Delta S^0$	entropieverandering onder standaardomstandigheden	$\text{J K}^{-1}$	$\Delta S$ van een proces bij $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$
$e$	elementair ladingsquantum	C	$1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
$E$	elektrodepotentiaal	V	
$E^0$	standaardelektrodepotentiaal	V	(tabel 48)
$\Lambda^0$	molaire iongeleidbaarheid in oneindig verdunde oplossing	$\Omega^{-1} \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}$	geleidbaarheid van 1 mol ionen tussen elektroden op 1 m afstand
$E$	extinctie	–	
$\epsilon$	molaire extinctiecoëfficiënt	$\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$	(tabel 39A)
$I$	intensiteit van het doorgelaten licht	$\text{W m}^{-2}$	
$I_0$	intensiteit van het opvallende licht	$\text{W m}^{-2}$	
$e^-$	elektron		
(aq)			opgelost in water
(s)			in vaste toestand
(l)			in vloeibare toestand
(g)			in gasvormige toestand

■ Grootheden en eenheden in het SI en Eenheden; zie tabellen 3, 4 en 5.

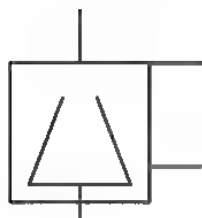
- 1 ► De relatieve atoommassa en de relatieve molecuulmassa zijn dimensieloze grootheden. De atoommassa en de molecuulmassa worden vaak opgegeven in u, waarbij  $1\text{ u} = \frac{1}{12}$  van de massa van het koolstofatoom  $^{12}\text{C}$ . Dit is  $1,660\,539\,066\,60 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$ .
- 2 ► De meest gebruikte eenheden van volume en van massa in de scheikunde zijn de liter en het gram;  $1\text{ L} = 10^{-3}\text{ m}^3$  en  $1\text{ g} = 10^{-3}\text{ kg}$ .
- 3 ► Vaak wordt gesproken van een ‘a molair’ oplossing.
- 4 ► voor een reactie van de orde  $(n + 1)$
- 5 ►  $n$  is de som van de exponenten in de drukbreuk, de concentratiebreuk of het ionenproduct.
- 6 ► Bij de thermodynamische afleiding van evenwichtsvoorwaarden maakt men gebruik van relatieve grootheden. Evenwichtsconstanten krijgen dan geen eenheden.
- 7 ► Het symbool  $p$  geeft hier aan dat – log genomen moet worden van de getalwaarde van de betrokken grootheid, waarbij die grootheid uitgedrukt wordt in de bijbehorende eenheden. Een  $p$ -waarde is daarom steeds dimensieloos.

warmtewisselaar  
(condensor)

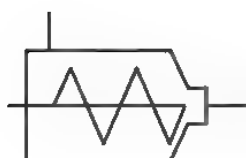
warmtewisselaar



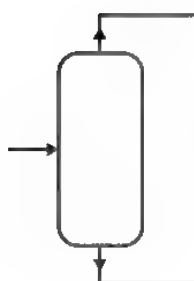
reactor



centrifuge

extruder  
(algemene notatie)extruder  
(met schroef)

klep, afsluiter



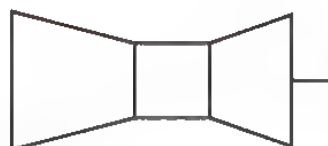
destileerkolom



generator



(stoom)turbine

reactor  
met katalysator

gasturbine



compressor



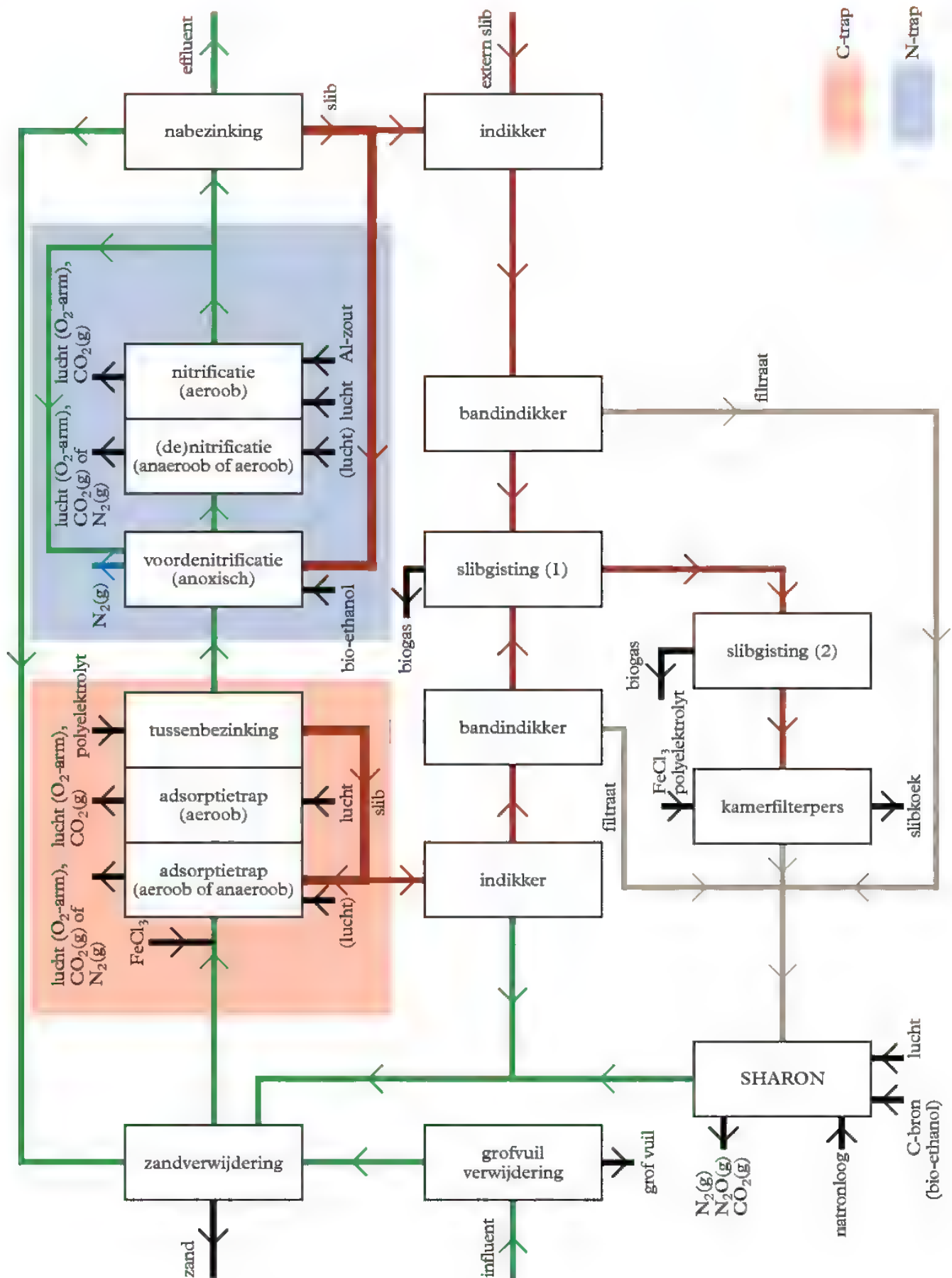
blower, ventilator



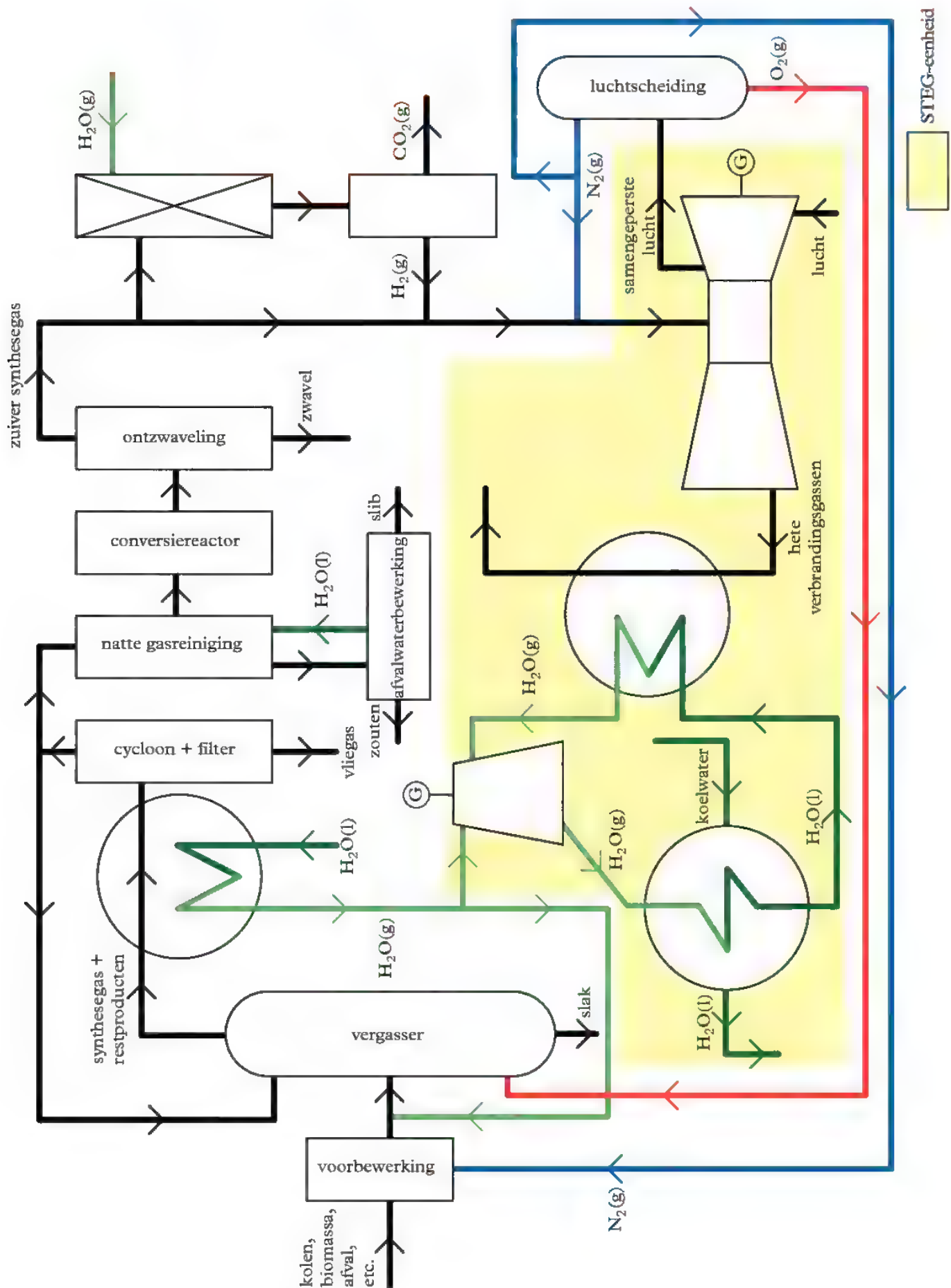
vloeistofpomp

vermaler,  
verbrijzelaar

2 Stroomschema rioolwaterzuivering (Garmerwolde)



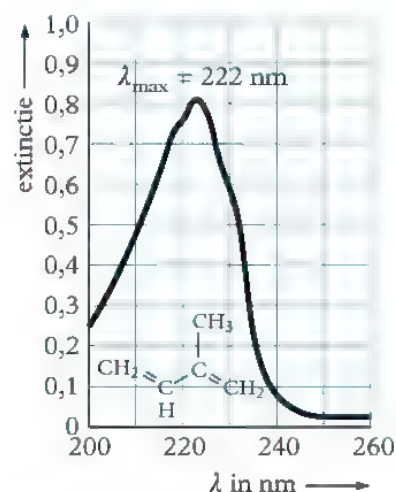
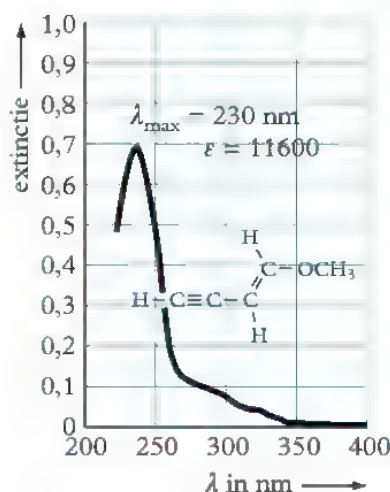
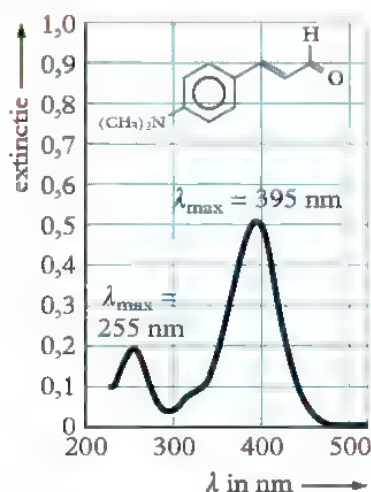




## 1 Absorptietoppen en extinctiecoëfficiënten

	<i>absorptietop golflengte in nm</i>	<i>molaire extinctiecoëfficiënt in L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup></i>		<i>absorptietop golflengte in nm</i>	<i>molaire extinctiecoëfficiënt in L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup></i>
benzeen	256	200	NAD <sup>+</sup> , NADP <sup>+</sup>	260	18000
tolueen [methylbenzeen]	261	300	NADH, NADPH	260	15000
nitrobenzeen	269	7800		334	6000
naftaleen	312	289		340	6220
fenolrood	550	46683		365	3400
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	345	3150		366	3300
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	370	4790	vitamine A1	328	40600
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	301	63	β-caroteen	458	117000
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	354	29	bilirubine	436	56800
Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> <sup>3+</sup>	394	1		453	60700
Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> <sup>2+</sup>	510	6	hemoglobine	500	9000
CoCl <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	600	150	hemoglobinecyanide	540	44000
Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>3-</sup>	436	743	oxyhemoglobine	542	14400
FeSCN <sup>2+</sup>	480	25000	hemoglobine	555	13000
Fe(Phen) <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	508	11100	sulfhemoglobine	620	11100
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	525	2000	4-nitrofenol	405	18500
MnO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	603	1600	4-nitroaniline	405	9900
CuCl <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	370	80			
Cu(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	580	20			
Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> <sup>2+</sup>	790	11			

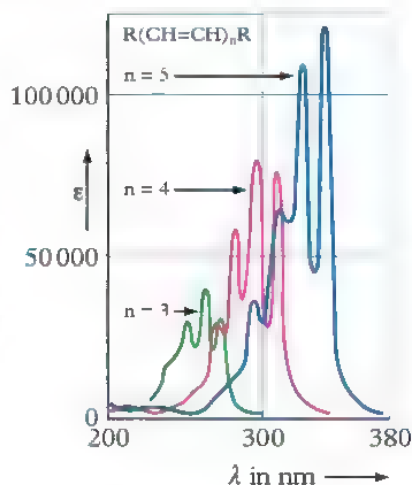
## 2 Absorptiespectra



## 3 Soorten verschuivingen

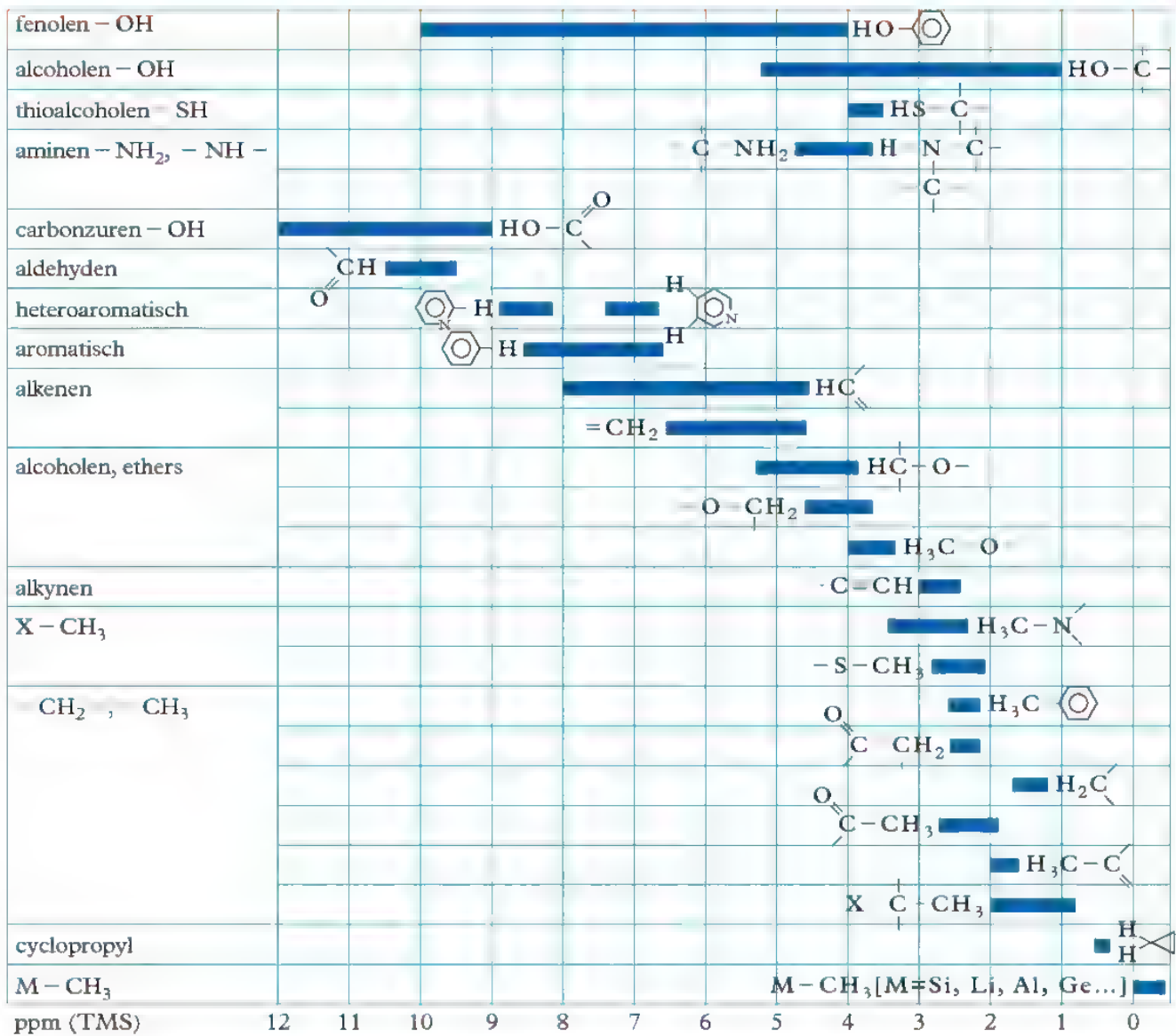
terminologie voor absorptieverschuivingen

<i>soort verschuiving</i>	<i>naam van de verschuiving</i>
naar langere golflengte	bathochroom
naar kortere golflengte	hypsochroom
naar grotere extinctie	hyperchroom
naar lagere extinctie	hypochroom

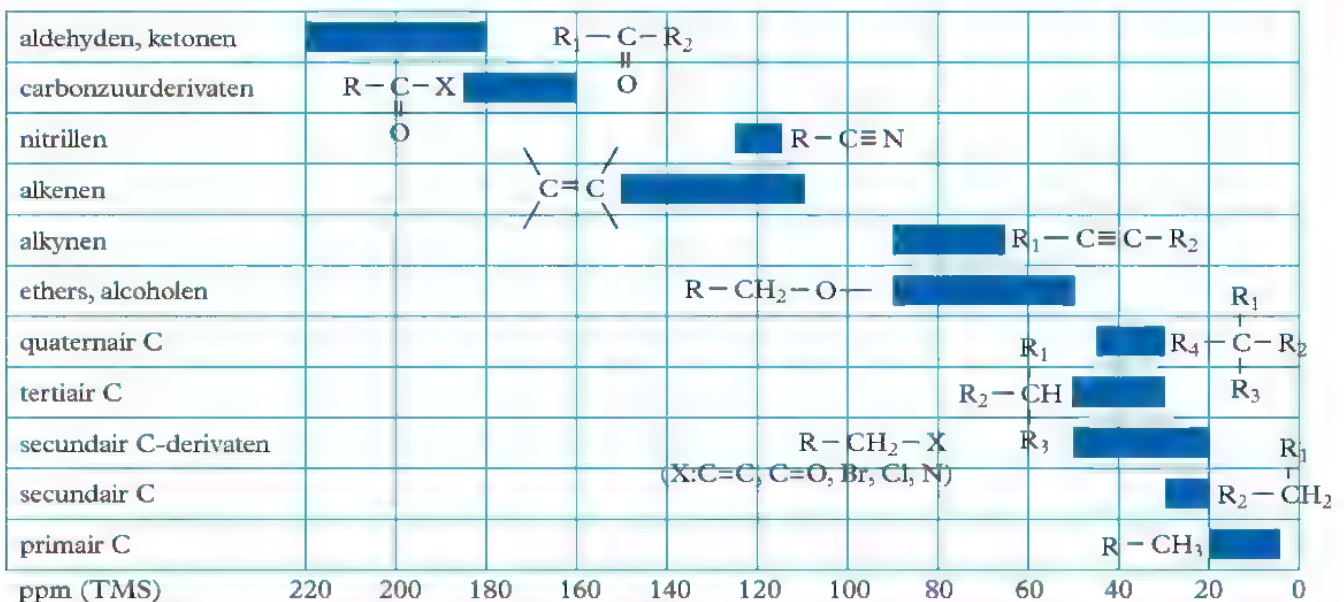


<sup>1</sup>H

1

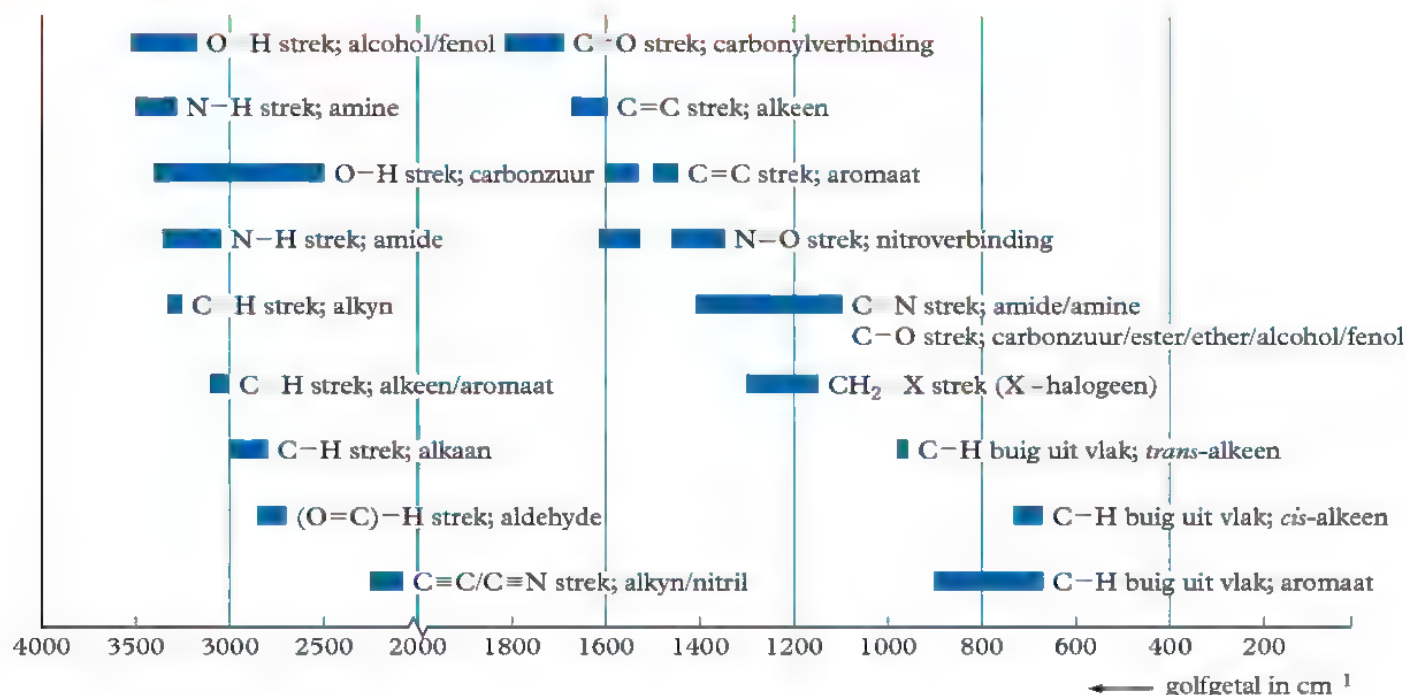
<sup>13</sup>C

2



## 1

## Groepsfrequenties (overzicht)



## 2

## Groepsfrequenties

S = sterk, M = middel, Z = zwak

vibratie	verbindingen	absorptiegebied ( $\text{cm}^{-1}$ )	intensiteit	opmerkingen
O-H strek	alcohol, fenol	3525-3200	breed, S	H-bruggen
	carbonzuur	3400-2500	breed, M-S	H-bruggen
N-H strek	primair amine	~3500, ~3400	Z-M	twee banden
	secundair amine	3500-3300	Z	een band
	amide	~3350, 3175-3150	M	twee banden
	N-gesubstitueerd amide	3325-3050	M	meer banden (KBr-tablet)
C-H strek	alkyn ( $\text{sp-C}$ )	3525-3250	S, scherp	
	alkeen ( $\text{sp}^2\text{-C}$ )	3100-3000	M-S	meer banden
	aromaat ( $\text{sp}^2\text{-C}$ )	3100-3000	M-S	meer banden
	alkaan ( $\text{sp}^3\text{-C}$ )	3000-2800	M-S	meer banden
	aldehyde (O=C)-H	2850-2820, 2750-2700	Z-M, scherp	twee banden
S-H strek	thiol	2600-2550	Z	
N=C=O	isocyanaat	2270-2000	breed, S	
C≡N strek	nitril	2260-2240 <sup>1</sup>	scherp, M	
C≡C strek	alkyn	2260-2100 <sup>1</sup>	Z	ontbreekt vaak bij symmetrische moleculen



<i>vibratie</i>	<i>verbindingen</i>	<i>absorptiegebied (cm<sup>-1</sup>)</i>	<i>intensiteit</i>	<i>opmerkingen</i>
C=O strek	zuuranhydride	~1815 <sup>1</sup> , 1755 <sup>1</sup>	S	twee banden, de eerste het meest intens
	zuurchloride	~1800 <sup>1</sup>	S	
	ester	~1745 <sup>1</sup>	S	
	aldehyde	~1730 <sup>1</sup>	S	
	keton	~1715 <sup>1</sup>	S	
	carbonzuur	~1695 <sup>1</sup>	S	
C=N strek	hydrazon	1690-1640	M	zwak of ontbrekend bij symmetrische moleculen/ vaak twee banden in elk gebied
C=C strek	alkeen	1670-1600 <sup>1</sup>	Z-M	
	aromaat	1600-1575, 1500-1450	M	
N-H buig	amide	1655-1610	M	breed, M-Z
	primair amine	1650-1560		
	N-gesubstitueerd amide	1575-1510	Z	
	secundair aromatisch amide	1515-1500	Z	
N=O strek	nitroverbinding	~1560 <sup>1</sup> - ~1375 <sup>1</sup>	S	twee banden, aromatisch 1300-1200
C-H buig	alkaan	1470-1370	Z-M	twee banden
S=O strek	sulfonzuur	1430-1310, 1225-1125	Z	
C-N strek	amide	~1410	M	
	alifatisch amine	1250-1010	Z-M	
	aromatisch amine	1370-1250	Z-M	
C-F strek	polyfluoralkaan	1350-1110	S	meer banden
	monofluoraromaat	~1225	S	
	monofluoralkaan	1100-1000	S	
C-O strek	carbonzuur	1320-1210	M	vetzuren twee banden
	ester	1290-1150, 1125-1000	S, M	methylester van vetzuur drie banden: 1250, 1200, 1180
	alkylarylether	1280-1200, 1080-1020	S	fenol hoogste waarde; primair alcohol laagste waarde
	alcohol, fenol	1255-1000	S	
	dialkylether	1150-1100	S	
CH <sub>2</sub> -X strek	CH <sub>2</sub> -Cl	1300-1200	S	
	CH <sub>2</sub> -Br	1250-1175	S	
	CH <sub>2</sub> -I	1200-1150	S	
			S	
C-H buig uit vlak	trans-alkeen	980-960	S	
	eindstandig =CH <sub>2</sub>	900-880	S	
	aromaat	900-675	S	
	cis-alkeen	730-670	S	
N-H buig uit vlak	amine	910-660	breed	
	amide	800-670	S	

■ De tabelwaarden gelden voor een dunne vloeistoflaag, voor een smelt en voor KBr-tabletten.

■ Absorptiegebieden zijn gegeven in golfgetal  $\frac{1}{\lambda}$  met eenheid cm<sup>-1</sup>.

■ Energieverschillen tussen vibratieniveaus zijn evenredig met het golfgetal:  $\Delta E = hc\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ .

1 ► Pieken verschuiven naar lagere waarden naarmate de bindingen meer geconjugueerd zijn (C=C-C=C afwisselend).

Het ionisatieproces:  $M + e^- \rightarrow M^{\bullet+} + 2e^-$

Ionisatievolgorde van elektronen: niet-bindende > meervoudige bindingen > enkele bindingen

### 1. Primaire afbraakregels voor molecuulionen

a. homolytische splitsing



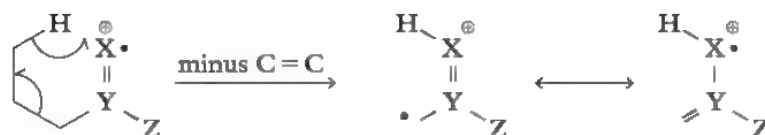
b. heterolytische splitsing

$X = Cl, Br, I$  of een stabiel  
radicaal ( $R'O$  of  $R'S$ )

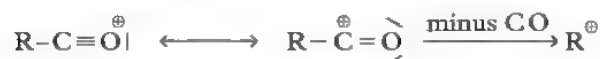


c. McLaffertyomlegging ( $XYZ =$

$-\text{CHO}, -\text{COR}, -\text{COOH},$   
 $-\text{COOR}, -\text{CONH}_2, -\text{CONR}_1\text{R}_2,$   
 $-\text{NO}_2, -\text{CN}, -\text{C}_6\text{H}_5$ )



### 2. Ontledingen van acyliumionen (ontstaan uit aldehyden, ketonen, zuren, esters)



### 3. Ontledingen van oxonium-, immonium-, etc. -ionen (ontstaan uit ethers, aminen, etc.)



### ■ karakteristieke neutrale fragmenten, afgesplitst van molecuulion $M^{\bullet+}$

$M^{\bullet+}$ minus	afgesplitst	type verbinding/groep
1	H	aldehyde (sommige ethers en aminen)
15	$\text{CH}_3$	methylsubstituent
18	$\text{H}_2\text{O}$	alcohol
28	$\text{C}_2\text{H}_4, \text{CO}, \text{N}_2$	$\text{C}_2\text{H}_4$ (McLafferty), CO (cyclisch keton)
29	$\text{CHO}, \text{C}_2\text{H}_5$	aldehyde, ethylsubstituent
34	$\text{H}_2\text{S}$	thiol
35, 36	Cl, HCl	chloorverbinding
43	$\text{CH}_3\text{CO}, \text{C}_3\text{H}_7$	methylketon, propylsubstituent
45	$\text{COOH}$	carbonzuur
60	$\text{CH}_3\text{COOH}$	acetaat

### ■ structuur van belangrijke fragmentionen

$m/z$	structuur	type verbindingen
29	$\text{CHO}^{\bullet+}$	aldehyde
30	$\text{CH}_2\text{NH}_2^{\bullet+}$	primair amine
43	$\text{CH}_3\text{CO}^{\bullet+}, \text{C}_3\text{H}_7^{\bullet+}$	methylketon
29, 43, 57, 71, ...	$\text{C}_2\text{H}_5^{\bullet+}, \text{C}_3\text{H}_7^{\bullet+}, \dots$	onvertakte alkylgroep
39, 50, 51, 52, 65, 77, ...	$\text{C}_6\text{H}_5^{\bullet+}, \text{C}_6\text{H}_7^{\bullet+}, \dots$	aromatische verbinding
60	$\text{CH}_3\text{COOH}^{\bullet+}$	carbonzuur, acetaat, methylester
91	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2^{\bullet+}$	benzyliche verbinding
105	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}^{\bullet+}$	benzoylverbinding

■ De  $m/z$  waarde van een molecuulion is even, tenzij het molecuulion een oneven aantal N-atomen bevat.

■ Fragmentionen met even  $m/z$  kunnen wijzen op McLafferty.

■ Aromaten zijn herkenbaar aan  $m/z$  pieken bij 119, 105, 103, 91, 79, 77, 65, 51, 39.



naam <sup>1</sup>	symbol formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa <sup>2</sup>	smeltpunt	kookpunt	dichtheid $T = 298\text{ K}$ $\rho = \rho_0$	elektro- negativiteit <sup>3</sup>	atoom- straal	vander- waals- straal	ionstraal en ionlading
				K	K	$10^3\text{ kg m}^{-3}$		$10^{-12}\text{ m}$	$10^{-12}\text{ m}$	$10^{-12}\text{ m}$
actinium	Ac	89	(227)	1323	3471	10	1,1	188		$112^{3+}$
aluminium	Al	13	26,9815	933	2792	2,70	1,6	143		$45^{3+}$
americium	Am	95	(243)	1449	2284	12	1,1	173		$98^{3+}; 85^{4+}$
antimoon	Sb <sup>1</sup> (grijs)	51	121,760	904	1860	6,68	2,0	141	220	$245^3$
argon	Ar	18	39,948	84 <sup>7,65 MPa</sup>	87	$1,633 \cdot 10^{-3}$			192	
arsen	As <sup>1</sup> (grijs)	33	74,9216	1090 <sup>7,3,6 MPa</sup>	889 <sup>1,5</sup>	5,7	2,2	121	200	$222^{3-}$
astaat	At <sub>2</sub>	85	(210)	575	610		2,2	140		$62^{7+}$
barium	Ba	56	137,327	1000	2170	3,62	0,9	217		$134^{2+}$
berkelium	Bk	97	(247)	1259	$2,9 \cdot 10^3$	13,25	1,3	172		$96^{3+}; 83^{4+}$
beryllium	Be	4	9,0122	1560	2744	1,85	1,6	112		$30^{2+}$
bismut	Bi	83	208,980	545	1837	9,79	2,0	170		$120^{3+}; 76^{5+}$
bohrium	Bh	107	(270)							
boor	B	5	10,811	2348	4273	2,34	2,0	88	217	$16^{3+}$
broom	Br <sub>2</sub>	35	79,904	266	332	3,10	3,0	114	195	$196^{1-}$
cadmium	Cd	48	112,411	594	1040	8,69	1,7	149		$97^{2+}$
calcium	Ca	20	40,078	1115	1757	1,54	1,0	197		$94^{2+}$
californium	Cf	98	(251)	1173	$1,7 \cdot 10^3$	15,1	1,3	199		$95^{3+}; 92^{4+}$
cerium	Ce	58	140,116	1072	3716	6,77	1,1	183		$101^{3+}; 87^{4+}$
cesium	Cs	55	132,905	302	944	1,87	0,8	262		$167^{1+}$
chloor	Cl <sub>2</sub>	17	35,453	172	239	$2,90 \cdot 10^{-3}$	3,2	99	180	$181^1$
chrom	Cr	24	51,996	2180	2944	7,15	1,7	125		$63^{3+}$
copernicium	Cn	112	(285)							
curium	Cm	96	(247)	1618	$3,4 \cdot 10^3$	13,51	1,3	174		$97^{3+}; 85^{4+}$
darmstadtium	Ds	110	(281)							
dubnium	Db	105	(268)							
dysprosium	Dy	66	162,500	1685	2840	8,55	1,2	175		$91^{2+}$
einsteinium	Es	99	(252)	1133	$1,8 \cdot 10^3$	8,8	1,3	203		$93^{3+}$
erbium	Er	68	167,259	1802	3141	9,07	1,2	173		$89^{3+}$
europium	Eu	63	151,964	1099	1802	5,24	1,2	204		$95^{3+}; 117^{2+}$
fermium	Fm	100	(257)	1800			1,3			$91^{3+}$
flerovium	Fl	114	(289)							
fluor	F <sub>2</sub>	9	18,9984	54	85	$1,553 \cdot 10^{-3}$	4,0	64 <sup>3</sup>	135	$133^1$
fosfor	P <sub>4</sub> (wit)	15	30,9738	317	554	1,82	2,2	110	190	$212^3$
francium	Fr	87	(223)	300	950		0,7	270		$180^{1+}$

naam <sup>1</sup>	symbool formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa <sup>2</sup>	smeltpunt K	kookpunt K	dichtheid $T = 298\text{ K}$ $\rho = \rho_0$	elektro- negativiteit <sup>3</sup>	atoom- straal $10^{-12}\text{ m}$	vander- waals- straal $10^{-12}\text{ m}$	ionstraal en ionlading
gadolinium	Gd	64	157,25	1586	3546	7,90	1,2	179		$94^{3+}$
gallium	Ga	31	69,723	303	2477	5,91	1,8	141		$62^{3+}$
germanium	Ge	32	72,64	1211	3106	5,32	2,0	122	202	$53^{4+}; 272^{4-}$
goud	Au	79	196,967	1337	3129	19,3	2,5	144		$137^{1+}; 85^{3+}$
hafnium	Hf	72	178,49	2506	4876	13,3	1,3	157		$76^{4+}$
hassium	Hs	108	(269)							
helium	He	2	4,0026	$1,5^{16}$	4,2	$1,64 \cdot 10^{-4}$			99	
holmium	Ho	67	164,930	1745	2973	8,80	1,2	174		$90^{3+}$
ijzer	Fe	26	55,845	1811	3134	7,87	1,8	126		$76^{2+}; 64^{3+}$
indium	In	49	114,818	430	2345	7,31	1,8	166		$81^{3+}$
iridium	Ir	77	192,217	2719	4701	$22,6^{293\text{K}}$	2,2	135		$63^{1+}; 68^{3+}$
jood	I <sub>2</sub>	53	126,9045	387	458	4,93	2,7	133	215	$219^1$
kalium	K	19	39,098	337	1032	0,89	0,8	231		$133^{1+}$
kobalt	Co	27	58,9332	1768	3200	8,86	1,9	125		$74^{2+}; 63^{3+}$
koolstof	C (grafiet)	6	12,01115	3823	4098 <sup>4</sup>	2,2	2,5	77	185	$260^{4-}$
koper	Cu	29	63,546	1358	2835	8,96	1,9	128		$96^{1+}; 69^{2+}$
krypton	Kr	36	83,798	$116^{172,2\text{ KPa}}$	120	$3,43 \cdot 10^{-3}$			197	
kwik	Hg	80	200,59	234	630	13,5336	2,0	152		$127^{1+}; 110^{2+}$
lanthaan	La	57	138,906	1193	3737	6,15	1,1	188		$115^{3+}$
lawrencium	Lr	103	(262)	1900			1,3			$88^{3+}$
lithium	Li	3	6,941	454	1615	0,534	1,0	152		$68^{1+}$
livermorium	Lv	116	(293)							
lood	Pb	82	207,2	601	2022	11,3	2,3	175		$120^{2+}; 84^{4+}$
lutetium	Lu	71	174,967	1936	3675	9,84	1,3	172		$86^{3+}$
magnesium	Mg	12	24,305	923	1363	1,74	1,3	160		$65^{2+}$
mangaan	Mn	25	54,938	1519	2334	7,3	1,6	129		$80^{2+}; 60^{4+}$
meitnerium	Mt	109	(278)							
mendelevium	Md	101	(258)	1100						$90^{3+}; 110^{2+}$
molybdeen	Mo	42	95,94	2896	4912	10,2	2,1	136		$68^{4+}$
moscovium	Mc	115	(288)							
natrium	Na	11	22,9898	371	1156	0,97	0,9	186		$98^{1+}$
neodymium	Nd	60	144,242	1289	3347	7,01	1,1	181		$98^{3+}$
neon	Ne	10	20,180	$25^{7,43\text{ kPa}}$	27	$8,25 \cdot 10^{-4}$			160	
neptunium	Np	93	(237)	917	$4,2 \cdot 10^3$	20,2	1,4	155		$75^{3+}; 101^{3+}$



[illegible]





naam <sup>1</sup>	symbool formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa <sup>2</sup>	smeltpunt	kookpunt $p = p_0$	dichtheid $T = 298 \text{ K}$ $\rho - \rho_0$	elektro- negativiteit <sup>3</sup>	atoom- straal	vander- waals- straal	ionstraal en ionlading
				K	K	$10^3 \text{ kg m}^{-3}$		$10^{-12} \text{ m}$	$10^{-12} \text{ m}$	$10^{-12} \text{ m}$
titaan	Ti	22	47,867	1941	3560	4,506	1,5	146		$90^{2+}; 68^{4+}$
ununennium	Uue <sup>4</sup>	119								
uraan	U	92	238,029	1408	4404	19,1	1,4	138		$73^{6+}; 103^{3+}$
vanadium	V	23	50,942	2183	3680	6,0	1,6	131		$88^{2+}$
waterstof	H <sub>2</sub>	1	1,00795	14	20,4	$8,2 \cdot 10^{-5}$	2,1	$30^{2+}$	120	$154^{1-}$
wolfram	W	74	183,84	3695	5828	19,3	2,4	137		$42^{6+}; 66^{4+}$
xenon	Xe	54	131,293	161 <sup>782,2 kPa</sup>	165	$5,37 \cdot 10^{-3}$			217	
ytterbium	Yb	70	173,04	1097	1469	6,90	1,1	194		$87^{3+}$
yttrium	Y	39	88,905	1795	3618	4,47	1,2	180		$93^{3+}$
zilver	Ag	47	107,868	1235	2435	10,5	1,9	144		$126^{1+}$
zink	Zn	30	65,38	693	1180	7,134	1,7	133		$74^{2+}$
zirkonium	Zr	40	91,224	2128	4682	6,52	1,3	157		$80^{4+}$
zuurstof	O <sub>2</sub>	8	15,9994	54	90	$1,31 \cdot 10^{-3}$	3,5	66	140	$146^{2-}$
	O <sub>3</sub> (ozon)			80	162	$1,96 \cdot 10^{-3}$				
zwavel	S <sub>8</sub> (monoklien)	16	32,065	388	718	2,00	2,6	104	185	$190^{2-}$

■ Ionstraal van  $\text{NH}_4^+$ :  $142 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ .

1 ► Nieuwe elementen (met atoomnummer groter dan 112) krijgen vooralsnog systematische namen afgeleid van de volgende numerieke voorvoegsels:

0 nil 2 bi 4 quad 6 hex 8 oct

1 un 3 tri 5 pent 7 sept 9 enn

Deze voorvoegsels worden vervolgens gecombineerd in de volgorde van het atoomnummer van het element en voorzien van de uitgang -ium.

De uitgang -n van enn wordt weggelaten indien hij voorafgaat aan nil.

De uitgang -i van bi en tri wordt weggelaten voorafgaand aan -ium.

In de naam van het element wordt elk numeriek voorvoegsel apart uitgesproken. Het symbool van de nieuwe elementen bestaat uit de drie beginletters van de numerieke voorvoegsels waaruit de naam is samengesteld.

2 ► De waarden zijn de gemiddelde relatieve atoommassa's van het natuurlijk voorkomend isotopenmengsel, behalve wanneer een waarde tussen ronde haken staat.

Zo'n waarde is het massagetal van de isotoop met de langste halveringstijd; zie ook tabel 25 voor de afzonderlijke isotopen.

3 ► In H<sub>2</sub> is de atoomstraal  $37 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  en in F<sub>2</sub> is deze  $71 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ .

4 ► Bij het kookpunt bestaat arseendamp uit moleculen As<sub>4</sub>, selceendamp uit moleculen Se<sub>8</sub> en grotere moleculen, antmoondamp uit moleculen Sb<sub>2</sub> en Sb<sub>3</sub> en telluurdamp uit moleculen Te<sub>8</sub>.

5 ► sublimatiepunt

6 ► bij  $2,6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ ; smelttraject

7 ► tripelpunt bij ... Pa

8 ► elektronegativiteit volgens Pauling

naam	jaar(en) en ontdekker	herkomst van de naam	komt voor in ... / bereiding	massa% in lithosfeer
actinium	1899 Debiere, 1902 Giesel	gr. <i>akinos</i> = stralen: radioactieve straling	uraanertsen	$5,5 \cdot 10^{-14}$
aluminium	1825 Oersted; 1827 Wöhler	la. <i>alumen</i> = bitter/aluin	bauxiet, veldspaten	8,3
americium	1944 Seaborg e.a., Chicago	naar Amerika (analoog aan iso-elektronisch Eu)	$^{239}\text{Pu}$ (2n, $\gamma$ ) $^{241}\text{Pu} \rightarrow ^{241}\text{Am}$	
antimoon	oudheid	la. <i>stibium</i> , ar. al-uthmud = spiegelglans	gedegen, antimooniet	$2,0 \cdot 10^{-5}$
argon	1894 Ramsay/Rayleigh	gr. <i>argos</i> = inactief	lucht, bronwater	$3,5 \cdot 10^{-4}$
arsen	1250 Albertus Magnus	gr. <i>arsenikon</i> = geel operment	operment, arsenopyriet	$1,8 \cdot 10^{-4}$
astat	1940 Corson/McKenzie/Segre	gr. <i>astatos</i> = onstabiel	U- en Th-ertsen	$3 \cdot 10^{-24}$
barium	1774 Scheele; 1808 Davy	gr. <i>barus</i> = zwaar	bariet/zwaarspaat	0,042
berkelium	1949 Thompson e.a., Berkeley	naar Berkeley, Californië	$^{241}\text{Am}$ ( $\alpha$ , 2n) $^{243}\text{Bk}$	
beryllium	1798 Vauquelin; 1828 Wöhler, Bussy	gr. <i>beryllos</i> = zeegroen (vgl. bril)	beril (smaragd/aquamarijn)	$2,8 \cdot 10^{-4}$
bismut	oudheid; 1739 Pott/Bergman	du. <i>Wismut</i> = weisse Masse = witte massa	gedegen, bismutiet	$1,7 \cdot 10^{-5}$
bohrium	1976 Flerov e.a., Dubna	naar Niels Bohr	$^{209}\text{Bi}$ ( $^{54}\text{Cr}$ , n) $^{265}\text{Bh}$	
boor	oudheid; 1807 Davy; 1892 Moissan	en. <i>boron</i> = samentrekking borax en carbon	borax	$1,0 \cdot 10^{-3}$
broom	1825 Balard/Löwig	gr. <i>bromos</i> = stank	zeewater, zoutlagen	$2,5 \cdot 10^{-4}$
cadmium	1817 Stromeyer	naar Kadmeia, streek in stroomgebied Nijl	zinkmineralen o.a. cadmia/galmei	$2,0 \cdot 10^{-5}$
calcium	1755 Black; 1808 Davy	la. <i>calx</i> = kalk	kalksteen (diverse vormen), schelpen	4,2
californium	1950 Thompson e.a., Berkeley	naar Californië	$^{242}\text{Cm}$ ( $\alpha$ , n) $^{244}\text{Cf}$	
cerium	1803 Klaproth; Berzelius/Hisinger; 1825 Mosander	naar planetoid Ceres; ontdekt in 1801	ceriettaarden o.a. monaziet	$6,0 \cdot 10^{-3}$
cesium	1861 Bunsen/Kirchhoff; 1882 Setterberg	la. <i>caesius</i> = hemelsblauw: spectraallijn	polluciet (een silicaat), mineraalwater	$1,0 \cdot 10^{-4}$
chlor	1774 Scheele; 1807 Davy	gr. <i>chloros</i> = geelgroen	zeewater, sylvien, (steen)zout	0,013
chrom	1798 Vauquelin	gr. <i>chroma</i> = kleur	chromiet, chroomoker, roodlooderts	0,010
copernicium	1996 Hofmann e.a. Darmstadt	naar Nicolaas Copernicus	$^{208}\text{Pb}$ ( $^{70}\text{Zn}$ , n) $^{277}\text{Cn}$	
curium	1944 Seaborg e.a., Chicago	naar Marie en Pierre Curie	$^{239}\text{Pu}$ ( $\alpha$ , n) $^{242}\text{Cm}$	
darmstadtium	1944 Armbruster e.a. Darmstadt	naar Darmstadt, Duitsland	$^{108}\text{Pb}$ ( $^{60}\text{Ni}$ , n) $^{269}\text{Ds}$	
dubnium	1967 Flerov e.a. Dubna; 1970 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Dubna, Rusland	$^{243}\text{Am}$ ( $^{23}\text{Ne}$ , 4n) $^{261}\text{Db}$ / $^{249}\text{Cf}$ ( $^{15}\text{N}$ , 4n) $^{261}\text{Db}$	
dysprosium	1886 Boisbaudran	gr. <i>dysprositos</i> = moeilijk te verkrijgen	monaziettaarde	$3,0 \cdot 10^{-4}$
einsteinium	1952 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Albert Einstein	$^{238}\text{U}$ (15n, $\gamma$ ) $^{253}\text{U} \rightarrow ^{253}\text{Es}$	
erbium	1842 Mosander; 1934 Klemen/Bommer	naar Ytterby, Zweden	monaziettaarde	$2,8 \cdot 10^{-4}$
europium	1896 Demarcay; 1897 Boisbaudran	myth. Europa en Zeus. Eu in spectrum van ruw Sm	monaziettaarde	$1,2 \cdot 10^{-4}$
fermium	1952 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Enrico Fermi	$^{238}\text{U}$ (17n, $\gamma$ ) $^{255}\text{U} \rightarrow ^{255}\text{Fm}$	
flerovium	1999 team Flerov laboratoria, Dubna	naar Georgy Flerov	$^{244}\text{Pu}$ ( $^{48}\text{Ca}$ , 3n) $^{289}\text{Fl}$	

naam	jaar(en) ontdekker	herkomst van de naam	komt voor in ... /bereiding	massa% in lithosfeer
fluor	1771 Scheele; 1886 Moissan	la. <i>fluere</i> = vloeien	been, zeewater, vloeispaat	0,063
fosfor	1669 Brand; 1690 Boyle	gr. <i>fosforus</i> = lichtdragend	fosforiet, apatieten, beenderen	0,10
francium	1939 Marguerite Perey	naar la. <i>Francia</i> – Frankrijk	verf alproduct Ac	$3 \cdot 10^{-21}$
gadolinium	1880 de Marignac; Boisbaudran	naar Johan Gadolin	monaziet, gadolinit	$5,4 \cdot 10^{-4}$
gallium	1875 Boisbaudran	naar la. <i>Gallia</i> – Frankrijk	steenkolsoorten, galliet, aardolie	$1,5 \cdot 10^{-3}$
germanium	1886 Winkler	naar la. <i>Germania</i> – Duitsland	vliegstoof Zn-bereiding, germaniet	$5,4 \cdot 10^{-4}$
goud	oudheid	la. <i>aurum</i> = goud; os. Gold – geel	gedegen in alliage met Ag, Cu, Fe	$4 \cdot 10^{-7}$
hafnium	1923 Coster/von Hevesy/Jantzen	naar la. <i>Hafnia</i> – Kopenhagen	zirkoonertsen, hafnon	$3,5 \cdot 10^{-4}$
hassium	1984 Armbruster e.a., Darmstadt	naar la. <i>Hassium</i> – Hessen, Duitsland	$^{265}\text{Bi}$ ( $^{265}\text{Fe}$ , n) $^{265}\text{Hs}$	
helium	1868 Lockyer/Janssen; 1895 Ramsay/Travers	gr. <i>helios</i> – zon	lucht, aardgasvelden	$8 \cdot 10^{-7}$
holmium	1878 Delafontaine/Soret, 1879 Cleve	naar la. <i>Holmia</i> – Stockholm	monaziet, aarde	$1,2 \cdot 10^{-4}$
ijzer	oudheid	kt. <i>isarnio</i> = kracht; la. <i>ferrum</i>	ijzerertsen	5,6
indium	1863 Reich/Richter; 1867 Winkler	indigo: spectraallijn	zinkblende, indiet, aardolie	$1,0 \cdot 10^{-5}$
iridium	1804 Tennant	gr. <i>iris</i> – regenboog	iridosmium, osmiridium	$1 \cdot 10^{-7}$
jood	1811 Courtois	gr. <i>ioeides</i> – violet/vioolkleurig	zeewater, planten, jodyriet	$5,0 \cdot 10^{-5}$
kalium	1736 Duhamel du Monceau; 1807 Davy; Gay Lussac/Thénard	ar. <i>kali</i> $\text{K}_2\text{CO}_3$ , <i>alkali</i> – de as	veldspaat, silicaten, slakken	2,1
kobalt	1735 Brandt	Kobold = berggeest	kobaltertsen, mangaanknollen	$2,5 \cdot 10^{-3}$
koolstof	oudheid	la. <i>carbonium</i> = steenkool	diamant, grafiet, organische verbindingen	0,020
koper	oudheid	naar gr. <i>Kupros</i> = Cyprus	gedegen, koperertsen	$5,5 \cdot 10^{-3}$
krypton	1898 Ramsay/Travers	gr. <i>kryptos</i> = verborgen	lucht	$1 \cdot 10^{-8}$
kwik	oudheid	en. <i>quick silver</i> = gr. <i>hydrargyrum</i> = watervlug zilver	gedegen, kwikertsen	$8,0 \cdot 10^{-6}$
lanthaan	1839 Mosander	gr. <i>lanthanon</i> = verborgen	monaziet, aarde, lanthaniet	$3,0 \cdot 10^{-3}$
lawrencium	1959 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Ernest O. Lawrence	$^{260}\text{Cf}$ ( $^{260}\text{B}$ , 2n) $^{260}\text{Lr}$	
lithium	1817 Arfvedson; 1818 Brandé/Davy	gr. <i>lithos</i> = steen	minerale wateren, as van tabak	$2,0 \cdot 10^{-3}$
livermorium	2000 team van het JINR, Dubna	naar Lawrence Livermore, National Laboratory Californië	$^{293}\text{Cm}$ ( $^{248}\text{Ca}$ , 3n) $^{293}\text{Lv}$	
lood	oudheid	kt. <i>lous</i> = roodachtig; la. <i>plumbum</i>	loodertsen, menie	$1,3 \cdot 10^{-3}$
lutetium	1907 Urbain/Auer von Welsbach/James	naar la. <i>Lutetia</i> = Parijs	monaziet, aarde	$5,0 \cdot 10^{-5}$
magnesium	oudheid; 1755 Black; 1808 Davy	naar Magnesia, Thessalië	zeewater, planten, bitteraarde	2,3
mangaan	1740 Pott; 1774 Scheele/Bergman/Gahn	gr. <i>magnes</i> = magneet	mangaanertsen	0,095
meitnerium	1982 Armbruster e.a., Darmstadt	naar Lise Meitner	$^{209}\text{Bi}$ ( $^{238}\text{Fe}$ , n) $^{266}\text{Mt}$	
mendelevium	1955 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Dmitri Ivanovitsj Mendelejev	$^{253}\text{Es}$ ( $\alpha$ , n) $^{256}\text{Md}$	
molybdeen	1778 Scheele; 1781 Hjeltn	gr. <i>molybdaina</i> = op lood gelijkend erts	molybdeenglans, wulfeniet	$1,5 \cdot 10^{-4}$





moscovium	2004 Joint Institute for Nuclear Research in Dubna (reg. Moskou, Rusland), Berkeley National Laboratory en Oak Ridge National Laboratory	naar de regio Moskou in Rusland	fusie van americium-243 en calcium-48
natrium	oudheid; 1807 Davy	ar. <i>natron</i> – (element in) soda	zeewater, steenzout, albiet
neodymium	1841 Mosander; 1885 Auer von Welsbach	gr. <i>neos didimos</i> – nieuwe tweeling	monazietaarde
neon	1898 Ramsay/Travers	gr. <i>neos</i> – nieuw	lucht
neptunium	1940 McMillan/Abelson	naar de planeet Neptunus	$^{238}\text{U} (n, \gamma) ^{239}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np}$
nihonium	2004 RIKEN-instituut (Japan)	naar Japan – Nihon	fusie van zinkkernen met bismuthkernen
nikkel	oudheid; 1751 Cronstedt; 1775 Bergman	du. <i>Nickel</i> – berggeest	nikkelertsen, nikkelien, Mn-knollen
niobium	1801 Hatchett; 1866 Blomstrand	naar Niobe, dochter van Tantalus	columbiet, tantalieten
nobelium	1958 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Alfred Nobel	$^{249}\text{Cm} (^{12}\text{C}, 4n) ^{254}\text{No}$
oganesson	2006 Joint Institute for Nuclear Research, Lawrence Livermore National Laboratory	naar prof. Youri Oganessian	uit californium-249 en calcium-48
osmium	1804 Tennant	gr. <i>osme</i> – reuk/stank	gedegen, in erts van Pt-metalen en Au
palladium	1803 Wollaston	naar de planetoid Pallas, ontdekt in 1802	gedegen, nikkelertsen
platina	1735 de Ulloa; 1750 Watson; 1803 Wollaston	sp. <i>platina</i> = zilver, geld, rijkdom	gedegen, nikkelertsen
plutonium	1940 Seaborg e.a., Berkeley	naar de planeet Pluto	$^{238}\text{U} (^2\text{H}, 2n) ^{238}\text{Np} \rightarrow ^{238}\text{Pu}$
polonium	1898 Marie Curie-Sklodowska	naar la. <i>Polonia</i> = Polen	uraanertsen, pekblende
praseodymium	1885 Auer von Welsbach	gr. <i>praseodidimos</i> = groene tweeling	monazietaarde
promethium	1942 Wu/Segrè/Bethe	naar de titaan Prometheus	uraanertsen
protactinium	1913 Fajans/Gahrng; 1917 Russell; Hahn/Lise Meitner	gr. <i>protos actinium</i> – stamvader van actinium	uraanertsen
radium	1898 Becquerel/Marie en Pierre Curie	la. <i>radius</i> – straal	uraanertsen
radon	1900 Dorn; 1902 Rutherford/Soddy; 1910 Ramsay	gr. <i>radon</i> – straal	uraanertsen
renium	1925 Walthier en Ida Noddack/Berg	naar la. <i>Rhenus</i> = Rijn	platinaertsen
rhodium	1803 Wollaston	gr. <i>rhodoeis</i> = rooskleurig	Pt- en Ni-ertsen
roentgenium	1994 Hofmann, Darmstadt	naar Wilhelm Röntgen	$^{209}\text{Bi} (^6\text{Li}, n) ^{215}\text{Rg}$
rubidium	1860 Bunsen/Kirchhoff	la. <i>rubidus</i> = donkerrood: spectraallijn (vgl. robijn)	zeewater, lithiumertsen, polluciet
ruthenium	1828 Osann; 1844 Klaus	naar la. <i>Ruthenia</i> = Rusland	gedegen met Pt, Pt-ertsen
rutherfordium	1964 Flerov e.a.; 1969 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Ernest Rutherford	$^{242}\text{Pu} (^{22}\text{Ne}, 4n) ^{260}\text{Rf} / ^{249}\text{Cf} (^{12}\text{C}, 4n) ^{257}\text{Rf}$
samarium	1879 Boisbaudran; 1901 Demarcay	naar Samarski	monazietaarde, samarskië
scandium	1879 Nilson; 1881 Cleve	naar la. <i>Scandia</i> = Scandinavië	monazietaarde
seaborgium	1974 Ghiorso e.a., Berkeley; Flerov e.a., Dubna	naar Glenn T. Seaborg	$^{249}\text{Cf} (^{18}\text{O}, 4n) ^{263}\text{Sg} / ^{206}\text{Pb} (^{51}\text{Cr}) ^{260}\text{Sg}$
seleen	1817 Berzelius/Gahn	gr. <i>Selene</i> = maan	pyriet, berzelianiet

<i>naam</i>	<i>jaartal en ontdekker</i>	<i>herkomst van de naam</i>	<i>komt voor in ... /bereiding</i>	<i>massa% in lithosfeer</i>
silicium	oudheid; 1823 Berzelius; 1854 Sainte ClaireDeville	la. <i>silix</i> = kiezel/vuursteen	zand, kwarts, kiezel	28
stikstof	1772 Rutherford; 1850 Lavoisier e.a.	la. <i>nitrogenium</i> = salpetervormer; 'stik'stof'	lucht, salpeter, eiwitten	$2,0 \cdot 10^{-1}$
strontium	1790 Crawford; 1793 Klaproth; 1808 Davy	naar Strontian, Schotland	strontianiet, coelestien	0,037
tantaal	1802 Ekeberg; 1866 de Marignac	naar Tantalus: zoutvorming bleek 'kwelling'	in ertsen samen met Nb	$2,0 \cdot 10^{-4}$
technetium	1937 Perrier/Segrè	gr. <i>technetos</i> = kunstmatig	splittingsproduct van U, S-sterren	$1 \cdot 10^{-7}$
telluur	1782 Müller v. Reichenstein; 1798 Klaproth	naar Tellus, godin van de aarde	als element, pyriet, telluriet	
tennessine	2010 Joint Institute for Nuclear Research in Dubna, Berkeley National Laboratory, Oak Ridge National Laboratory (regio Tennessee)	naar de regio Tennessee	uit berkelium-249 en calcium-48	
terbium	1843 Mosander	naar Ytterby, Zweden	monazietaarde	$9,0 \cdot 10^{-5}$
thallium	1861 Crookes/Lang; 1862 Lamy	gr. <i>thallos</i> = spectraallijn	vliegass bij roosten van ZnS en PbS	$4,5 \cdot 10^{-5}$
thorium	1828 Berzelius	naar Thor, Scandinavische god van de oorlog	uraanertsen, thorianiet, thoriaet	$9,6 \cdot 10^{-4}$
thulium	1879 Cleve	naar la. <i>Thule</i> = Noorderland, Scandinavië	monazietaarde	$4,8 \cdot 10^{-5}$
tin	oudheid	od. <i>Zin</i> = staafje; la. <i>stannum</i> = Ag/Pb-alliage	stanniet en andere ertsen	$2,0 \cdot 10^{-4}$
titaan	1791 Gregory; 1795 Klaproth; 1825 Berzelius	naar de Titaniën	silicaten, titaniet	0,57
uraan	1789 Klaproth; 1841 Pélégot	naar de planeet Uranus, ontdekt in 1781	uraanertsen, pekkblende	$2,7 \cdot 10^{-4}$
vanadium	1801 del Rio; 1831 Sefström	naar Vanadis: godin van schoonheid	vanadinit	0,014
waterstof	1766 Cavendish; 1789 Paets v. Troostwijk	la. <i>hydrogenium</i> = watervormer	water, organische verbindingen	0,14
wolfram	1779 Woulfe; 1781 Scheele/Bergman	Wolf Rahm = wolfschuim; <i>tungsten</i> = zwarte steen	wolframertsen	$1,5 \cdot 10^{-4}$
xenon	1898 Ramsay/Travers	gr. <i>xenos</i> = gast	lucht	$3 \cdot 10^{-9}$
ytterbium	1878 de Marignac/Auer von Welsbach	naar Ytterby, Zweden	monazietaarde	$3,0 \cdot 10^{-4}$
yttrium	1843 Mosander; 1935 West/Hopkins	naar Ytterby, Zweden	monazietaarde, yttriumspaat	$3,3 \cdot 10^{-1}$
zilver	oudheid	la. <i>argentum</i> = helder wit = od. <i>silbar</i>	gedegen, zilveertsen	$7,0 \cdot 10^{-6}$
zink	13e eeuw, China; 1746 Marggraf	od. <i>Zinke</i> = scherpe punt: kristalvorm	zinkblende, galmei	$7,0 \cdot 10^{-3}$
zirkonium	1789 Klaproth; 1824 Berzelius	ar. <i>zargun</i> = goudkleurig	zirkoon, zirkoonnaarde	0,017
zuurstof	1598 Drebber; 1774 Priestley; Scheele	la. <i>oxygenium</i> = zuurvormer	lucht (ook ozon), silicaten, carbonaten	46
zwavel	oudheid	la. <i>sulfur</i> ss. <i>stulbari</i> os. <i>swewel</i> = koper'vijand'	vulkaanafzettingen, zoutkoepels, gips	0,026

## ■ Gebruikte afkortingen

od	oud-Duits	la	Latijn	en	Engels	os	Sakssch	zw	Zweeds	ss	Sanskriet
ar	Arabisch	gr	Grieks	sp	Spaans	du	Duits	fr	Frans	kt	Keltisch



molaire geleidbaarheid in  $10^{-3} \Omega^{-1} \text{m}^2 \text{mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$ ; in waterige oplossing

$\text{H}^+$	34,965	$\text{OH}^-$	19,8
$\text{Li}^+$	3,866	$\text{F}^-$	5,54
$\text{Na}^+$	5,008	$\text{Cl}^-$	7,631
$\text{K}^+$	7,348	$\text{Br}^-$	7,81
$\text{NH}_4^+$	7,35	$\text{I}^-$	7,68
$\text{Ag}^+$	6,19	$\text{NO}_3^-$	7,142
$\frac{1}{2} \text{Mg}^{2+}$	5,30	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	4,09
$\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+}$	5,947	$\text{ClO}_4^-$	6,73
$\frac{1}{2} \text{Sr}^{2+}$	5,94	$\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$	8,00
$\frac{1}{2} \text{Ba}^{2+}$	6,36		
$\frac{1}{2} \text{Pb}^{2+}$	7,1		

temperatuur in K bij  $p = p_0$

	smelpunt	kookpunt
AgBr	703	1775
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	491 ▶ <sup>2</sup>	
AgCl	728	1820
AgI	831	1779
AgNO <sub>3</sub>	483	713 ▶ <sup>2</sup>
Ag <sub>2</sub> O	473 ▶ <sup>2</sup>	
AlBr <sub>3</sub>	371	528
AlCl <sub>3</sub>	466	
AlF <sub>3</sub>		1549 ▶ <sup>1</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2327	3250
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	1313 ▶ <sup>2</sup>	
BaCO <sub>3</sub>	1653 ▶ <sup>2</sup>	
BaCl <sub>2</sub>	1234	1833
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	863 ▶ <sup>2</sup>	
BaO	2246	
BaSO <sub>4</sub>	1853	
CO	68	82
CO <sub>2</sub>		195 ▶ <sup>1</sup>
COCl <sub>2</sub>	145	281
CS <sub>2</sub>	161	319
CaCO <sub>3</sub>	973-1173 ▶ <sup>2</sup>	
CaC <sub>2</sub>	2573	
CaCl <sub>2</sub>	1048	2208
CaF <sub>2</sub>	1691	2773
CaO	2886	
Ca(OH) <sub>2</sub>	853 ▶ <sup>2</sup>	
CaS	2797	
CaSO <sub>4</sub>	1733	
Cl <sub>2</sub> O	153	275 ▶ <sup>3</sup>
CoCl <sub>2</sub>	1010	1322
CrCl <sub>3</sub>	1425	1573 ▶ <sup>2</sup>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2593	3273
CuBr <sub>2</sub>	771	1173
CuCl <sub>2</sub>	871	1266 ▶ <sup>2</sup>
CuO	1500	
Cu <sub>2</sub> O	1517	2073 ▶ <sup>2</sup>
Cu(OH) <sub>2</sub>	▶ <sup>2</sup>	
CuS	780	
CuSO <sub>4</sub>	833 ▶ <sup>2</sup>	
FeCO <sub>3</sub>	▶ <sup>2</sup>	
FeCl <sub>2</sub>	950	1296
FeCl <sub>3</sub>	581	589
FeO	1650	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1812	
Fe(OH) <sub>2</sub>	▶ <sup>2</sup>	

	smelpunt	kookpunt
FeS	1461	▶ <sup>2</sup>
HBr	186	207
HCN	260	299
HCl	159	188
HF	190	293
HI	222	238
HNO <sub>3</sub>	232	356
H <sub>2</sub> O	273	373
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	273	423
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	316	680
H <sub>2</sub> S	188	214
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	283	610
HgCl <sub>2</sub>	550	577
HgO	773 ▶ <sup>2</sup>	
KBr	1007	1708
KBrO <sub>3</sub>	707 ▶ <sup>2</sup>	
KCN	895	
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1172	▶ <sup>2</sup>
KCl	1044	
KClO <sub>3</sub>	630	▶ <sup>2</sup>
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	1247	
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	671	773 ▶ <sup>2</sup>
KF	1131	1775
KHCO <sub>3</sub>	373 ▶ <sup>2</sup>	
KHSO <sub>4</sub>	473	▶ <sup>2</sup>
KI	954	1596
KIO <sub>3</sub>	833 ▶ <sup>2</sup>	
KMnO <sub>4</sub>	▶ <sup>2</sup>	
KNO <sub>2</sub>	711	810 ▶ <sup>3</sup>
KNO <sub>3</sub>	607	673 ▶ <sup>2</sup>
K <sub>2</sub> O	1013	
KOH	679	1600
KSCN	446	773 ▶ <sup>2</sup>
K <sub>2</sub> S	1221	
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1342	
MgBr <sub>2</sub>	984	
MgCO <sub>3</sub>	1263 ▶ <sup>2</sup>	
MgCl <sub>2</sub>	987	1685
MgO	3098	3873
Mg(OH) <sub>2</sub>	1263 ▶ <sup>2</sup>	
MgS	2499	
MgSO <sub>4</sub>	1410	
MnCO <sub>3</sub>	>473 ▶ <sup>2</sup>	
MnSO <sub>4</sub>	973	1123 ▶ <sup>2</sup>
MnS	1883	

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
NH <sub>3</sub>	195	240
NH <sub>4</sub> Br		669 ▶ <sup>1</sup>
NH <sub>4</sub> Cl		611 ▶ <sup>1</sup>
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	443	▶ <sup>3</sup>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	553 ▶ <sup>2</sup>	
NO	110	121
NO <sub>2</sub>	264	294
N <sub>2</sub> O	182	185
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	264	294
NaBr	1020	1663
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1129	▶ <sup>2</sup>
NaCl	1074	1738
NaF	1269	1977
NaHCO <sub>3</sub>	323 ▶ <sup>2</sup>	
NaI	934	1577
NaNO <sub>2</sub>	557	593 ▶ <sup>2</sup>
NaNO <sub>3</sub>	580	
NaN <sub>3</sub>	573 ▶ <sup>2</sup>	
Na <sub>2</sub> O	1407	
NaOH	596	1661
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1856	
Na <sub>2</sub> S	1445	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1157	
PCl <sub>3</sub>	180	349
PCl <sub>5</sub>		433 ▶ <sup>1</sup>
PH <sub>3</sub>	139	185
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	297	446

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	835	878
PbCO <sub>3</sub>	588 ▶ <sup>2</sup>	
PbCl <sub>2</sub>	774	1224
PbCrO <sub>4</sub>	1117	
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	743	
PbI <sub>2</sub>	683	1145 ▶ <sup>2</sup>
PbO	1160	
PbO <sub>2</sub>	563 ▶ <sup>2</sup>	
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1103 ▶ <sup>2</sup>	
PbSO <sub>4</sub>	1360	
SO <sub>2</sub>	198	263
SO <sub>3</sub>	335	
SOCl <sub>2</sub>	172	349
SiC	3103	
SiH <sub>4</sub>	88	161
SiO <sub>2</sub>	846-1995	3223
SnCl <sub>2</sub>	520	896
SnCl <sub>4</sub>	239	387
SnO	1353 ▶ <sup>2</sup>	
SnO <sub>2</sub>	1903	
SnS	1154	1483
SnS <sub>2</sub>	873 ▶ <sup>2</sup>	
ZnBr <sub>2</sub>	675	943
ZnCO <sub>3</sub>	413 ▶ <sup>2</sup>	
ZnCl <sub>2</sub>	563	1005
ZnO	2247	
ZnSO <sub>4</sub>	953 ▶ <sup>2</sup>	

1 ▶ sublimatiepunt

2 ▶ ontleedt

3 ▶ explodeert

temperatuur in K bij  $p = p_0$ 

	smeltpunt	kookpunt
• <i>alkanen</i>		
methaan	91	112
ethaan	90	185
propaan	86	231
butaan ( <i>n</i> -butaan)	135	273
2-methylpropaan (isobutaan)	114	261
pentaan ( <i>n</i> -pentaan)	143	309
2-methylbutaan	113	301
2,2-dimethylpropaan	257	283
hexaan ( <i>n</i> -hexaan)	178	342
2-methylpentaan	120	333
3-methylpentaan	110	336
2,2-dimethylbutaan	174	323
2,3-dimethylbutaan	145	331
heptaan ( <i>n</i> -heptaan)	183	372
• <i>cycloalkanen</i>		
cyclopropaan	146	240
cyclobutaan	182	286
cyclopentaan	180	322
cyclohexaan	280	354
• <i>alkenen</i>		
etheen	104	169
propeen	88	225
but-1-een	88	267
cis-but-2-een	134	277
trans-but-2-een	168	274
cis-1,2-dichlooretheen	193	333
trans-1,2-dichlooretheen	223	322
pent-1-een	108	303
hex-1-een	133	337
• <i>alkynen</i>		
ethyn (acetyleen)		188 <sup>1</sup>
propyn	170	250
but-1-yn	147	281
but-2-yn	241	300
pent-1-yn	183	313
hex-1-yn	141	344
• <i>aromatische koolwaterstoffen</i>		
benzeen	279	353
tolueen [methylbenzeen]	178	384
ethylbenzeen	178	409
1,2-dimethylbenzeen	248	418
1,3-dimethylbenzeen	225	412
1,4-dimethylbenzeen	286	411

	smeltpunt	kookpunt
• <i>alcoholen en fenolen</i>		
methanol	176	338
ethanol (alcohol)	159	351
propaan-1-ol	149	370
propaan-2-ol	185	355
butaan-1-ol	185	391
butaan-2-ol	185	373
2-methylpropaan-1-ol	171	381
2-methylpropaan-2-ol	299	356
pentaan-1-ol	196	411
2-methylbutaan-1-ol		401
2-methylbutaan-2-ol	264	376
3-methylbutaan-1-ol	156	404
3-methylbutaan-2-ol		386
hexaan-1-ol	226	431
ethaan-1,2-diol (glycol)	260	470
propaan-1,2,3-triol (glycerol)	291	563
fenol [benzenol]	314	455
2-methylfenol	304	464
3-methylfenol	285	475
4-methylfenol	308	475
fenylmethanol	258	478
• <i>ethers</i>		
methoxymethaan	132	248
methoxyethaan	160	281
ethoxyethaan (ether)	157	308
1-methoxybutaan	157	343
methoxybenzeen (anisol)	236	427
• <i>aldehyden en ketonen</i>		
methanal	181	254
ethanal	150	293
propanal	193	321
butanal	176	348
2-methylpropanal	207	338
fenylmethanal	247	452
propanon (aceton)	178	329
butanon	187	353
pentaan-3-on	234	375
• <i>carbonzuren</i>		
methaanzuur (mierenzuur)	281	374
ethaanzuur (azijnzuur)	290	391
propaanzuur	253	414
butaanzuur (boterzuur)	268	437
2-methylpropaanzuur	227	428
[mono]chloorethaanzuur	336	462

	<i>smelpunt</i>	<i>kookpunt</i>
dichloorethaanzuur	287	467
trichloorethaanzuur	331	470
aminoethaanzuur (glycine)	563 <sup>1</sup>	
2-hydroxypropaanzuur (melkzuur)	326	376
hexadecaanzuur (palmitinezuur)	336	625
octadecaanzuur (stearinezuur)	342	623 <sup>2</sup>
cis-octadec-9-eenzuur (oliezuur)	287	633
cis,cis-octadeca-9,12-dieenzuur (linolzuur)	266	502
benzeencarbonzuur (benzoëzuur)	396	522
ethaandizuur (oxaalzuur)	430 <sup>1</sup>	463 <sup>2</sup>
• <i>esters</i>		
methylmethanoaat	174	305
methylethanoaat	175	330
methylpropanoaat	186	353
ethylethanoaat (ethylacetaat)	189	350
ethylpropanoaat	199	372
ethylbutanoaat	175	394
• <i>nitrillen</i>		
ethaannitril	229	355
propaannitril	180	370
butaannitril	161	391
• <i>aminen en ammoniumzouten</i>		
methaanamine [methylamine]	180	267
ethaanamine [ethylamine]	193	290
propaan-1-amine	188	320
propaan-2-amine (isopropylamine)	178	305
butaan-1-amine	224	350
butaan-2-amine	201	336
dimethylamine [N-methylmethaanamine]	181	280
trimethylamine [N,N-dimethylmethaanamine]	156	276

1 ► sublimatiepunt

2 ► ontleedt

	<i>smelpunt</i>	<i>kookpunt</i>
benzeenamine (aniline)	267	457
methaanaminiumchloride [methylammoniumchloride]	501	
ethaanaminiumchloride [ethylammoniumchloride]	383	
benzeenaminiumchloride	474	518
• <i>nitroverbindingen</i>		
nitromethaan	245	374
nitroëthaan	184	387
nitrobenzeen	279	484
• <i>halogeenverbindingen</i>		
chloormethaan	175	249
broommethaan	179	277
joodmethaan	207	316
chloorethaan	135	285
broomethaan	155	312
joodethaan	162	345
1-chloorpropaan	150	320
2-chloorpropaan	156	309
1-broompropaan	163	344
2-broompropaan	184	333
1-joodpropaan	172	376
2-joodpropaan	183	363
1-chloorbutaan	150	352
1-broombutaan	161	375
dichloormethaan	176	313
dibroommethaan	221	370
trichloormethaan (chloroform)	210	334
tribroommethaan	282	422
tetrachloormethaan (tetra)	251	350
tetrabroommethaan	365	463
dichloordifluormethaan (freon-12)	116	243
chloorbenzeen	228	405
broombenzeen	242	429



## Dichtheden en molariteiten

### Veel gebruikte oplossingen

bij 298 K

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>
zwavelzuur-oplossing	98,0	1,832	18,32
	17,5	1,118	2,00
	9,26	1,059	1,00
	4,77	1,029	0,500
	0,976	1,0047	0,100
	0,490	1,0016	0,0500
zoutzuur	36,0	1,178	11,63
	13,7	1,065	4,00
	7,06	1,032	2,00
	3,60	1,015	1,00
	0,364	1,002	0,100
salpeterzuur-oplossing	65,0	1,385	14,29
	22,4	1,127	4,00
	11,9	1,064	2,00
	6,12	1,030	1,00
	0,628	1,003	0,100
azijnzuur-oplossing	100	1,044	17,39
	85,0	1,063	15,05
	23,4	1,028	4,00
	5,97	1,006	1,00
	0,601	0,999	0,100

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>
ammonia	32,0	0,883	16,6
	25,0	0,904	13,3
	7,04	0,968	4,00
	3,47	0,982	2,00
	0,171	0,997	0,100
natronloog	13,9	1,150	4,00
	7,42	1,079	2,00
	3,85	1,040	1,00
	0,398	1,005	0,100
kaliloog	19,1	1,179	4,00
	10,3	1,092	2,00
	5,36	1,046	1,00
	0,558	1,005	0,100

bij 293 K

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>
geconcentreerd zwavelzuur	95–98	1,8	18
geconcentreerd zoutzuur	36–38	1,2	12
geconcentreerd salpeterzuur	65–70	1,4	15
azijnzuur (ijsazijn)	99–100	1,0	17
geconcentreerde ammonia	25	0,90	13
geconcentreerd fosforzuur	85	1,7	15
verzadigd kalkwater	0,15	1,0	0,020
geconcentreerd natronloog	7,5	1,1	2,0

oplosbaarheid in mol per liter water bij  $p = p_0$

tempe- ratuur	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	HCl	HBr	NH <sub>3</sub>
K	10 <sup>-3</sup> mol L <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> mol L <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> mol L <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> mol L <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> mol L <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> mol L <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> mol L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>
273	0,960	1,05	1,58	2,18	76,3	206	208	3,56	22,6	27,4	52,5
283	0,879	0,830	1,26	1,70	53,1	141	152	2,53	21,1	26,0	40,0
293	0,817	0,688	1,04	1,38	38,8	103	115	1,76	19,7	24,4	31,3
298	0,790	0,638	0,955	1,26	33,5	90,2	102	1,46	19,0	23,9	27,8
303	0,759	0,598	0,893	1,16	29,5	80,4	91,1	1,18	18,3	23,0	25,1
313	0,732	0,527	0,790	1,03	23,2	64,3	74,1	0,84	17,2	22,0	21,5
323	0,719	0,487	0,719	0,933	19,2	54,5	62,1	0,66	16,0	21,2	19,5
333	0,714	0,455	0,665	0,871	15,6	45,5	53,1	0,54	15,1	20,4	18,5
343		0,438	0,643	0,817		38,4	45,5	0,53	14,3	18,5	17,5
353		0,429	0,638	0,786		30,4	41,1		13,6	17,6	
363		0,424	0,634	0,768		17,4	37,5		13,3		
373		0,424	0,629	0,759		0,0	36,2				

■ De concentratie van het opgeloste gas is evenredig met de partiële druk van het gas (wet van Henry). Dit geldt voor gassen die geen reactie geven met het oplosmiddel.

oplosbaarheid in 10<sup>-3</sup> L O<sub>2</sub>(g) per liter water;  $p = p_0$

concentratie Cl <sup>-</sup> g L <sup>-1</sup>	temperatuur in K						
	273	278	283	288	293	298	303
0	49	43	38	34	31	28	26
5	46	41	36	32	29	26	24
10	43	38	34	31	28	25	23
15	41	36	32	29	26	24	22
20	38	34	30	27	25	23	21

■ Gemiddelde samenstelling van onvervuild zeewater: zie tabel 64A.

# Oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen

## Zouten in water: schematisch overzicht

oplosbaarheid bij kamertemperatuur

positieve ionen	negatieve ionen												
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	OH <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup>
Na <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	g	g	g	g	r
K <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	g	g	g	g	r
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	i	g	r	r	i
Mg <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	s	r	s	m	m	s	s
Al <sup>3+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	s	r	r	s	s
Fe <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	m	s	s	s	s	s	s
Zn <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	s	s	s	s	s	s
Fe <sup>3+</sup>	g	g	g	g	r	g	m	r	s	r	r	s	s
Cu <sup>2+</sup>	g	g	g	g	r	g	g	s	s	s	s	s	s
Ca <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	m	s	r	m	s	s	s	r
Ba <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	s	m	r	g	s	s	s	r
Hg <sup>2+</sup>	g	g	g	m	s	r	r	s	i	r	s	s	s
Pb <sup>2+</sup>	g	g	m	m	s	s	m	s	s	s	s	s	s
Hg <sup>+</sup> (Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> )	g	m	s	s	s	s	r	s	i	s	s	s	s
Ag <sup>+</sup>	g	m	s	s	s	m	g	s	i	s	s	s	s

■ De waterstofzouten zijn in het algemeen goed in water oplosbaar;

veel hydroxidezouten zijn slecht oplosbaar;

de zwaar-metaalhydroxiden zijn instabiel (splitsen water af).

■ Betekenis der symbolen:

g = goed oplosbaar in water (meer dan ca. 0,1 mol L<sup>-1</sup>)

m = matig oplosbaar in water (minder dan ca. 0,1 mol L<sup>-1</sup> en meer dan ca. 0,01 mol L<sup>-1</sup>)

s = slecht oplosbaar in water (minder dan ca. 0,01 mol L<sup>-1</sup>)

i = instabiel

r = reageert in water

■ Opgelost S<sup>2-</sup> reageert aflopend tot HS<sup>-</sup>

oplosbaarheid bij 298 K

	<u>mol</u> <u>kg water</u>	<u>g</u> <u>kg water</u>
AgNO <sub>3</sub>	1,38 · 10 <sup>1</sup>	2,34 · 10 <sup>3</sup>
AlCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	2,48	5,98 · 10 <sup>2</sup>
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	1,13	3,85 · 10 <sup>2</sup>
BaCl <sub>2</sub>	1,78	3,70 · 10 <sup>2</sup>
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,92 · 10 <sup>-1</sup>	1,03 · 10 <sup>2</sup>
Ba(OH) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O	2,75 · 10 <sup>-1</sup>	8,68 · 10 <sup>1</sup>
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	1,22	3,06 · 10 <sup>2</sup>
FeCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	3,76	7,44 · 10 <sup>2</sup>
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	1,56	4,34 · 10 <sup>2</sup>
HgCl <sub>2</sub>	2,69 · 10 <sup>-1</sup>	7,31 · 10 <sup>1</sup>
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 12H <sub>2</sub> O	3,81 · 10 <sup>-1</sup>	1,81 · 10 <sup>2</sup>

	<u>mol</u> <u>kg water</u>	<u>g</u> <u>kg water</u>
KBr	5,70	6,78 · 10 <sup>2</sup>
KCN	1,10 · 10 <sup>1</sup>	7,18 · 10 <sup>2</sup>
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,06	1,11 · 10 <sup>3</sup>
KCl	4,77	3,55 · 10 <sup>2</sup>
KClO <sub>3</sub>	7,03 · 10 <sup>-1</sup>	8,61 · 10 <sup>1</sup>
KF	1,75 · 10 <sup>1</sup>	1,02 · 10 <sup>3</sup>
K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	1,48	4,88 · 10 <sup>2</sup>
K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> · 3H <sub>2</sub> O	8,31 · 10 <sup>-1</sup>	3,51 · 10 <sup>2</sup>
KHCO <sub>3</sub>	3,62	3,62 · 10 <sup>2</sup>
KHSO <sub>4</sub>	3,72	5,06 · 10 <sup>2</sup>
KI	8,92	1,48 · 10 <sup>3</sup>

	<u>mol</u> <u>kg water</u>	<u>g</u> <u>kg water</u>
KNO <sub>3</sub>	3,79	$3,83 \cdot 10^2$
KOH	$2,15 \cdot 10^1$	$1,21 \cdot 10^3$
KSCN	$2,45 \cdot 10^1$	$2,38 \cdot 10^3$
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$6,88 \cdot 10^{-1}$	$1,20 \cdot 10^2$
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	3,60	$7,31 \cdot 10^2$
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2,16	$5,32 \cdot 10^2$
NH <sub>4</sub> Cl	7,39	$3,96 \cdot 10^2$
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	$2,65 \cdot 10^1$	$2,13 \cdot 10^3$
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,78	$7,64 \cdot 10^2$
NaBr	9,19	$9,46 \cdot 10^2$
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O	2,90	$8,29 \cdot 10^2$
NaCl	6,15	$3,60 \cdot 10^2$

	<u>mol</u> <u>kg water</u>	<u>g</u> <u>kg water</u>
NaHCO <sub>3</sub>	1,22	$1,03 \cdot 10^2$
NaHSO <sub>4</sub>	5,26	$6,32 \cdot 10^2$
NaI	$1,23 \cdot 10^1$	$1,84 \cdot 10^3$
NaNO <sub>2</sub>	$1,23 \cdot 10^1$	$8,48 \cdot 10^2$
NaNO <sub>3</sub>	$1,07 \cdot 10^1$	$9,12 \cdot 10^2$
NaOH	$2,50 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^3$
Na <sub>2</sub> S	2,64	$2,06 \cdot 10^2$
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	1,46	$4,70 \cdot 10^2$
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	3,37	$8,35 \cdot 10^2$
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,80	$5,97 \cdot 10^2$
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2,46	$7,09 \cdot 10^2$

■ De gegeven waarden betreffen de oplosbaarheid per totale hoeveelheid water.

Bij een hydraat moet de som van het kristalwater en het toegevoegde oploswater worden genomen.

#### oplosbaarheid bij kamertemperatuur in verschillende oplosmiddelen

	<i>water</i>	<i>propanon</i> ( <i>aceton</i> )	<i>ethanol</i> ( <i>alcohol</i> )	<i>ethoxyethaan</i> ( <i>ether</i> )	<i>koolstof-</i> <i>disulfide</i>
propanon (aceton)	∞	—	∞	∞	∞
ethanol (alcohol)	∞	∞	—	∞	m
ethoxyethaan (ether)	m	∞	∞	—	∞
fosfor rood	—	—	—	—	—
fosfor wit	s	s	s	m	g <sup>1</sup>
jood	s <sup>2</sup>	g	g <sup>1</sup>	g	g
koolstofdissulfide	s	∞	m	∞	—
paraffine	—	s	s	m	g <sup>1</sup>
octadecaanzuur (stearinezuur)	—	g	g	g <sup>1</sup>	m
zwavel (rombisch)	—	s	s	s	g <sup>1</sup>

■ betekenis der symbolen:

- onoplosbaar
- s slecht oplosbaar
- m matig oplosbaar
- g goed oplosbaar
- ∞ in alle verhoudingen mengbaar

1 ► meest gebruikte oplosmiddel(en)

2 ► goed oplosbaar in een kaliumjodideoplossing onder vorming van I<sub>3</sub><sup>-</sup>-ionen

bij 298 K

<i>oplosbaarheids-</i> <i>product</i>			<i>oplosbaarheids-</i> <i>product</i>		
	$K_s$	$pK_s$		$K_s$	$pK_s$
AgBr	$5,4 \cdot 10^{-13}$	12,27	Cu <sub>2</sub> O	$2 \cdot 10^{-15}$	14,7
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	9,74	CuS	$8 \cdot 10^{-37}$	36,1
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$8,5 \cdot 10^{-12}$	11,07	Fe(OH) <sub>2</sub>	$4,9 \cdot 10^{-17}$	16,31
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,96	Fe(OH) <sub>3</sub>	$2,8 \cdot 10^{-39}$	38,55
AgI	$8,5 \cdot 10^{-17}$	16,07	FeS	$8 \cdot 10^{-19}$	18,1
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$8,9 \cdot 10^{-17}$	16,05	HgS	$1 \cdot 10^{-53}$	53,0
Ag <sub>2</sub> S	$8 \cdot 10^{-51}$	50,1	MgCO <sub>3</sub>	$6,8 \cdot 10^{-6}$	5,17
AgSCN	$1,0 \cdot 10^{-12}$	12,00	Mg(OH) <sub>2</sub>	$5,6 \cdot 10^{-12}$	11,25
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-5}$	4,92	MnS	$3 \cdot 10^{-14}$	13,50
Al(OH) <sub>3</sub>	$3 \cdot 10^{-34}$	33,50	PbBr <sub>2</sub>	$6,6 \cdot 10^{-6}$	5,18
AlPO <sub>4</sub>	$9,8 \cdot 10^{-21}$	20,01	PbCl <sub>2</sub>	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,77
BaCO <sub>3</sub>	$2,6 \cdot 10^{-9}$	8,59	PbCO <sub>3</sub>	$7,4 \cdot 10^{-14}$	13,13
BaCrO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-10}$	9,92	PbCrO <sub>4</sub>	$3 \cdot 10^{-13}$	12,5
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96	PbI <sub>2</sub>	$9,8 \cdot 10^{-9}$	8,01
CaCO <sub>3</sub>	$4,7 \cdot 10^{-9}$	8,33	Pb(OH) <sub>2</sub>	$1,4 \cdot 10^{-20}$	19,85
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,3 \cdot 10^{-9}$	8,64	PbS	$3 \cdot 10^{-28}$	27,5
CaF <sub>2</sub>	$3,5 \cdot 10^{-11}$	10,46	PbSO <sub>4</sub>	$2,5 \cdot 10^{-8}$	7,60
Ca(OH) <sub>2</sub>	$5,0 \cdot 10^{-6}$	5,30	SnS	$1 \cdot 10^{-25}$	25,0
CaSO <sub>4</sub>	$4,9 \cdot 10^{-5}$	4,31	SrSO <sub>4</sub>	$3,4 \cdot 10^{-7}$	6,47
Cr(OH) <sub>3</sub>	$6 \cdot 10^{-31}$	30,2	ZnCO <sub>3</sub>	$1,5 \cdot 10^{-10}$	9,82
CuI	$1,3 \cdot 10^{-12}$	11,89	Zn(OH) <sub>2</sub>	$3 \cdot 10^{-17}$	16,5
Cu(OH) <sub>2</sub>	$1,6 \cdot 10^{-19}$	18,80	ZnS	$3 \cdot 10^{-23}$	22,5



bij 298 K

Bij deeltjes zonder toestandsaanduiding moet steeds (aq) worden gelezen.

evenwichtsreactie <sup>1</sup>		dissociatieconstante	
		$K_d$	$pK_d$
$\text{Ag}(\text{CN})_2^-$	$\rightleftharpoons \text{AgCN(s)} + \text{CN}^-$	$4 \cdot 10^{-6}$	5,4
$\text{AgCl}_2^-$	$\rightleftharpoons \text{AgCl(s)} + \text{Cl}^-$	$2 \cdot 10^{-4}$	-4,3
$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$	$\rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3$	$5,9 \cdot 10^{-8}$	7,23
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$	$\rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$1 \cdot 10^{-13}$	13,0
$\text{Al}(\text{OH})_4^-$	$\rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{OH}^-$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	1,60
$\text{AlF}_6^{3-}$	$\rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 6 \text{F}^-$	$2 \cdot 10^{-20}$	19,7
$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + 6 \text{NH}_3$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,89
$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$	$\rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6 \text{NH}_3$	$10^{-33}$	33
$\text{CuCl}_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4 \text{Cl}^-$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	5,62
$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4 \text{NH}_3$	$7,1 \cdot 10^{-14}$	13,15
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 6 \text{CN}^-$	$10^{-24}$	24
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6 \text{CN}^-$	$10^{-31}$	31
$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^-$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,96
$\text{HgI}_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{HgI}_2(\text{s}) + 2 \text{I}^-$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	6,00
$\text{I}_3^-$	$\rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{I}^-$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,85
$\text{Pb}(\text{OH})_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Pb}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{OH}^-$	$1 \cdot 10^{-1}$	-1,0
$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 4 \text{NH}_3$	$2,6 \cdot 10^{-10}$	9,59
$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{OH}^-$	$1 \cdot 10^{-1}$	1,0

#### EDTA-complexen

$\text{Y}^{4-}$  = EDTA = ethyleendiaminetetraëcetaat [ethyleendinitrilotetraëthanoaat]

$\text{AgY}^{3-}$	$\rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Y}^{4-}$	$4,8 \cdot 10^{-8}$	7,32
$\text{AlY}^-$	$\rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + \text{Y}^{4-}$	$7,4 \cdot 10^{-17}$	16,13
$\text{BaY}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	7,76
$\text{CaY}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$	10,70
$\text{CuY}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$	18,80
$\text{FeY}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$4,7 \cdot 10^{-15}$	14,33
$\text{FeY}^-$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Y}^{4-}$	$7,9 \cdot 10^{-26}$	25,10
$\text{MgY}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	8,69
$\text{PbY}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$9,1 \cdot 10^{-19}$	18,04
$\text{ZnY}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$3,2 \cdot 10^{-17}$	16,50

1 ► In deze reactievergelijkingen zijn de eventuele  $\text{H}_2\text{O}$ -liganden steeds weggelaten.

standaardelektrodepotentiaal in V bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

De reacties vinden plaats in oplossing; alle ionen zijn gehydrateerd. De concentraties van de opgeloste deeltjes zijn steeds  $1,00 \text{ mol L}^{-1}$ .

Bij deeltjes zonder toestandsaanduiding moet steeds (aq) worden gelezen.

<i>oxidator</i>	<i>reductor</i>	<i>standaard- elektrodepotentiaal</i>
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{F}^-$	+2,87
$\text{O}_3(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	+2,08
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,78
$\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,77
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	+1,72
$\text{PbO}_2(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,69
$2 \text{HClO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,61
$2 \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,59
$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,51
$\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Au}(\text{s})$	+1,50
$\text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Mn}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,49
$\text{PbO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,46
$\text{ClO}_3^- + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,45
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$	+1,36
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,36
$\text{O}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{OH}^- + \text{O}_2(\text{g})$	+1,24
$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,23
$\text{MnO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,22
$\text{Br}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	+1,09
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	+1,07
$\text{AuCl}_4^- + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Au}(\text{s}) + 4 \text{Cl}^-$	+1,00
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,98
$\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,96
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{OH}^-$	+0,95
$\text{NO}_3^- + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,93
$\text{Hg}^{2+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Hg}^+ \blacktriangleright^1$	+0,92
$\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{CuI}(\text{s})$	+0,85
$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l})$	+0,85
$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	+0,80
$\text{Hg}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l}) \blacktriangleright^3$	+0,80
$\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g}) \blacktriangleright^2 + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,80
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	+0,70
$\text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{MnO}_2(\text{s}) + 4 \text{OH}^-$	+0,60
$\text{MnO}_4^{2-} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$	+0,56
$\text{I}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	+0,54
$\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	+0,54
$\text{I}_3^- + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 3 \text{I}^-$	+0,54
$\text{Cu}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,52
$\text{NiO}(\text{OH})(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{OH}^-$	+0,52
$\text{NiO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{OH}^-$	+0,49
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 4 \text{OH}^-$	+0,40
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	+0,36
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34

<i>oxidator</i>	<i>reductor</i>	<i>standaard- elektrodepotentiaal</i>
$\text{HgCl(s)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Hg(l)} + \text{Cl}^-$ ▶ <sup>4</sup>	+0,27
$\text{AgCl(s)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ag(s)} + \text{Cl}^-$	+0,22
$\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$ ▶ <sup>5</sup>	+0,17
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+0,15
$\text{Mn(OH)}_3\text{(s)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mn(OH)}_2\text{(s)} + \text{OH}^-$	+0,15
$\text{MnO}_2\text{(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{MnO(OH)(s)} + \text{OH}^-$	+0,15
$2 \text{NO}_2^- + 3 \text{H}_2\text{O(l)} + 4 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{N}_2\text{O(g)} + 6 \text{OH}^-$	+0,15
$\text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0,15
$\text{S(s)} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{S(g)}$	+0,14
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0,10
$\text{N}_2\text{(g)} + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$	+0,09
$\text{HCOOH} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O(l)}$	+0,08
$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{NO}_2^- + 2 \text{OH}^-$ ▶ <sup>6</sup>	+0,01
$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)}$	0
$\text{S(s)} + \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{HS}^-$	-0,06
$\text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O(l)}$ ▶ <sup>5</sup>	-0,09
$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Pb(s)}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Sn(s)}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ni(s)}$	-0,26
$\text{Co}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Co(s)}$	-0,28
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,28
$\text{PbSO}_4\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Pb(s)} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,36
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cd(s)}$	-0,40
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Fe(s)}$	-0,45
$\text{S(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$	-0,48
$2 \text{CO}_2\text{(g)} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0,49
$\text{Ni(OH)}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ni(s)} + 2 \text{OH}^-$	-0,72
$\text{Cr}^{3+} + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cr(s)}$	-0,74
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Zn(s)}$	-0,76
$\text{Cd(OH)}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cd(s)} + 2 \text{OH}^-$	-0,81
$2 \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + 2 \text{OH}^-$	-0,83
$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2 \text{OH}^-$ ▶ <sup>5</sup>	-0,93
$\text{Zn(OH)}_4^{2-} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Zn(s)} + 4 \text{OH}^-$	-1,20
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Al(s)}$	-1,66
$\text{Al(OH)}_4^- + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Al(s)} + 4 \text{OH}^-$	-2,33
$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mg(s)}$	-2,37
$\text{Mg(OH)}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mg(s)} + 2 \text{OH}^-$	-2,69
$\text{Na}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Na(s)}$	-2,71
$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ca(s)}$	-2,87
$\text{Ba}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ba(s)}$	-2,91
$\text{K}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{K(s)}$	-2,93
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Li(s)}$	-3,04

■ De vermelde waarden kunnen in enkele gevallen vrij sterk afwijken van gegevens uit andere bronnen.  
Meestal is de keuze van het milieu de oorzaak

- 1 ▶ eigenlijk:  $2 \text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$
- 2 ▶ Er stelt zich een evenwicht in:  $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2\text{(g)}$ .
- 3 ▶ eigenlijk:  $\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Hg(l)}$
- 4 ▶ eigenlijk:  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Hg(l)} + 2 \text{Cl}^-$
- 5 ▶  $\text{SO}_4^{2-}$  is alléén oxidator in warm, geconcentreerd  $\text{H}_2\text{SO}_4$  volgens:  
 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$ .
- 6 ▶ Treedt alleen op onder invloed van enzymen.

in water als oplosmiddel;  $T = 298 \text{ K}$

zuur	zuurconstante		base	baseconstante	
	$K_z$	$\text{p}K_z$		$K_b$	$\text{p}K_b$
$\text{HClO}_4$	$\gg 1$	$< 0$	$\text{ClO}_4^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$
$\text{HI}$	$\gg 1$	$< 0$	$\text{I}^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$
$\text{HBr}$	$\gg 1$	$< 0$	$\text{Br}^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$
$\text{HCl}$	$\gg 1$	$< 0$	$\text{Cl}^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$
$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\gg 1$	$< 0$	$\text{HSO}_4^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$
$\text{HNO}_3$	$\gg 1$	$< 0$	$\text{NO}_3^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$
$\text{HClO}_3$	$\gg 1$	$< 0$	$\text{ClO}_3^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$
$\text{H}_3\text{O}^+$			$\text{H}_2\text{O}$		
$\text{CCl}_3\text{-COOH}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	0,66	$\text{CCl}_3\text{-COO}^-$	$4,6 \cdot 10^{-14}$	13,34
$\text{H}_2\text{CrO}_4$	$1,8 \cdot 10^{-1}$	0,74	$\text{HCrO}_4^-$	$5,5 \cdot 10^{-14}$	13,26
$\text{HIO}_3$	$1,7 \cdot 10^{-1}$	0,78	$\text{IO}_3^-$	$6,0 \cdot 10^{-14}$	13,22
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25	$\text{HC}_2\text{O}_4^-$	$1,8 \cdot 10^{-13}$	12,75
$\text{CHCl}_2\text{-COOH}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	1,35	$\text{CHCl}_2\text{-COO}^-$	$2,2 \cdot 10^{-13}$	12,65
$\text{H}_3\text{PO}_3$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	1,80	$\text{H}_2\text{PO}_3^-$	$6,3 \cdot 10^{-13}$	12,20
$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{H}_2\text{SO}_3)$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85	$\text{HSO}_3^-$	$7,1 \cdot 10^{-13}$	12,15
$\text{HOOCCH=CHCOOH} (\text{cis})$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92	$\text{HOOCCH=CHCOO}^- (\text{cis})$	$8,3 \cdot 10^{-13}$	12,08
$\text{HClO}_2$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,94	$\text{ClO}_2^-$	$8,7 \cdot 10^{-13}$	12,06
$\text{HSO}_4^-$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	1,98	$\text{SO}_4^{2-}$	$9,5 \cdot 10^{-13}$	12,02
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$6,9 \cdot 10^{-3}$	2,16	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$1,4 \cdot 10^{-12}$	11,84
$\text{H}_3\text{AsO}_4$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	2,26	$\text{H}_2\text{AsO}_4^-$	$1,8 \cdot 10^{-12}$	11,74
$\text{NH}_3^+ \text{-CH}_2\text{-COOH}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	2,35	$\text{NH}_3^+ \text{-CH}_2\text{-COO}^-$	$2,2 \cdot 10^{-12}$	11,65
$\text{H}_2\text{Te}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2,64	$\text{HTe}^-$	$4,4 \cdot 10^{-12}$	11,36
$\text{CH}_3\text{-CHCl-COOH}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	2,83	$\text{CH}_3\text{-CHCl-COO}^-$	$6,8 \cdot 10^{-12}$	11,17
$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	2,83	$\text{FeOH}(\text{H}_2\text{O})_5^{2+}$	$6,8 \cdot 10^{-12}$	11,17
$\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,85	$\text{HOOCCH}_2\text{COO}^-$	$7,1 \cdot 10^{-12}$	11,15
$\text{CH}_2\text{Cl-COOH}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,87	$\text{CH}_2\text{Cl-COO}^-$	$7,4 \cdot 10^{-12}$	11,13
$\text{HOOCCH=CHCOOH} (\text{trans})$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	3,02	$\text{HOOCCH=CHCOO}^- (\text{trans})$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	10,98
$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 (\text{citroenzuur, H}_3\text{Cz})$	$7,4 \cdot 10^{-4}$	3,13	$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^- (\text{H}_2\text{Cz}^-)$	$1,3 \cdot 10^{-11}$	10,87
$\text{HF}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	3,20	$\text{F}^-$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	10,80
$\text{HNO}_2$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	3,25	$\text{NO}_2^-$	$1,8 \cdot 10^{-11}$	10,75
$\text{HCOOH}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75	$\text{HCOO}^-$	$5,6 \cdot 10^{-11}$	10,25
$\text{HC}_2\text{O}_4^-$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	3,81	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$6,3 \cdot 10^{-11}$	10,19
$\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	3,82	$\text{CrOH}(\text{H}_2\text{O})_5^{2+}$	$6,6 \cdot 10^{-11}$	10,18
$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	3,86	$\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-$	$7,2 \cdot 10^{-11}$	10,14
$\text{H}_2\text{Se}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89	$\text{HSe}^-$	$7,8 \cdot 10^{-11}$	10,11
$\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{-COOH}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	3,98	$\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{-COO}^-$	$9,5 \cdot 10^{-11}$	10,02
$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 (\text{ascorbinezuur, H}_2\text{Az})$	$9,1 \cdot 10^{-5}$	4,04	$\text{HC}_6\text{H}_6\text{O}_6^- (\text{HAz}^-)$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COO}^-$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	9,80
$\text{CH}_2=\text{CH-COOH}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$	4,25	$\text{CH}_2=\text{CH-COO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	9,75
$\text{HOOCCH=CHCOO}^- (\text{trans})$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	4,38	$^- \text{OOCCH=CHCOO}^- (\text{trans})$	$2,4 \cdot 10^{-10}$	9,62
$\text{CH}_3\text{-COOH}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,76	$\text{CH}_3\text{-COO}^-$	$5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^- (\text{H}_2\text{Cz}^-)$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,76	$\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-} (\text{HCz}^{2-})$	$5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	4,83	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$	$6,8 \cdot 10^{-10}$	9,17
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,87	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COO}^-$	$7,4 \cdot 10^{-10}$	9,13
$\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_3^+$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,87	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$	$7,4 \cdot 10^{-10}$	9,13
$\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$	$9,8 \cdot 10^{-6}$	5,01	$\text{AlOH}(\text{H}_2\text{O})_5^{2+}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	8,99
$\text{HOOCCH}_2\text{COO}^-$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	5,70	$^- \text{OOCCH}_2\text{COO}^-$	$5,0 \cdot 10^{-9}$	8,30
$\text{HOOCCH=CHCOO}^- (\text{cis})$	$5,9 \cdot 10^{-7}$	6,23	$^- \text{OOCCH=CHCOO}^- (\text{cis})$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	7,77
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{H}_2\text{CO}_3)$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35	$\text{HCO}_3^-$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	7,65
$\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-} (\text{HCz}^{2-})$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	6,40	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-} (\text{Cz}^{3-})$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	7,60
$\text{HCrO}_4^-$	$3,2 \cdot 10^{-7}$	6,49	$\text{CrO}_4^{2-}$	$3,1 \cdot 10^{-8}$	7,51



zuur	zuurconstante		base	baseconstante	
	$K_z$	$pK_z$		$K_b$	$pK_b$
$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	$1,8 \cdot 10^{-7}$	6,74	$\text{FeOH}(\text{H}_2\text{O})_5^+$	$5,5 \cdot 10^{-8}$	7,26
$\text{H}_2\text{AsO}_4^-$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	6,76	$\text{HAsO}_4^{2-}$	$5,8 \cdot 10^{-8}$	7,24
$\text{H}_2\text{S}$	$8,9 \cdot 10^{-8}$	7,05	$\text{HS}^-$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	6,95
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21	$\text{HPO}_4^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
$\text{HSO}_3^-$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21	$\text{SO}_3^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
$\text{HClO}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	7,40	$\text{ClO}^-$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	6,60
$\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_n^{2+}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80	$\text{PbOH}(\text{H}_2\text{O})_{n-1}^+$	$6,3 \cdot 10^{-7}$	6,20
$\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	8,00	$\text{CuOH}(\text{H}_2\text{O})_5^+$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	6,00
$\text{HBrO}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	8,55	$\text{BrO}^-$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	5,45
$\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	8,96	$\text{ZnOH}(\text{H}_2\text{O})_5^+$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	5,04
$\text{HCN}$	$6,1 \cdot 10^{-10}$	9,21	$\text{CN}^-$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,79
$\text{H}_2\text{AsO}_3$	$6,0 \cdot 10^{-10}$	9,22	$\text{H}_2\text{AsO}_3$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,78
$\text{NH}_4^+$	$5,6 \cdot 10^{-10}$	9,25	$\text{NH}_3$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
$\text{H}_3\text{BO}_3$	$5,4 \cdot 10^{-10}$	9,27	$\text{H}_2\text{BO}_3^-$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	4,73
$\text{NH}_3^+ - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$	$1,7 \cdot 10^{-10}$	9,78	$\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$	$6,0 \cdot 10^{-5}$	4,22
$(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	9,80	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$	9,99	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	$9,8 \cdot 10^{-5}$	4,01
$\text{HCO}_3^-$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	10,33	$\text{CO}_3^{2-}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	3,67
$\text{HIO}$	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64	$\text{IO}^-$	$4,4 \cdot 10^{-4}$	3,36
$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	10,65	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	3,35
$\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	10,66	$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	3,34
$(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+$	$1,9 \cdot 10^{-11}$	10,73	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	3,27
$\text{HAsO}_4^{2-}$	$5,1 \cdot 10^{-12}$	11,29	$\text{AsO}_4^{3-}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	2,71
$\text{H}_2\text{O}_2$	$2,4 \cdot 10^{-12}$	11,62	$\text{HO}_2^-$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	2,38
$\text{HC}_6\text{H}_6\text{O}_6 \text{ (HAz)}$	$1,8 \cdot 10^{-12}$	11,75	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6^{2-} \text{ (Az}^{2-}\text{)}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	2,25
$\text{HPO}_4^{2-}$	$4,8 \cdot 10^{-13}$	12,32	$\text{PO}_4^{3-}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	1,68
$\text{H}_2\text{O}$			$\text{OH}^-$		
$\text{HS}^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{S}^{2-}$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{O}^-$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{H}_2$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{H}^-$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{NH}_3$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{NH}_2^-$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{OH}^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{O}^{2-}$	$\gg 1$	$< 0$



## Ionisatieconstanten van zuivere vloeistoffen



### Water bij verschillende temperaturen

	<i>temperatuur in K</i>	<i>waterconstante</i> $K_w$	$pK_w$
water (oxidaan)	273	$0,11 \cdot 10^{-14}$	14,94
	288	$0,45 \cdot 10^{-14}$	14,35
	293	$0,68 \cdot 10^{-14}$	14,17
	298	$1,0 \cdot 10^{-14}$	14,00
	303	$1,5 \cdot 10^{-14}$	13,83
	323	$5,5 \cdot 10^{-14}$	13,26
	373	$5,1 \cdot 10^{-13}$	12,29

## B

### Andere vloeistoffen

	<i>temperatuur in K</i>	<i>ionisatieconstante</i> $K_{solv}$	$pK_{solv}$
zwavelzuur	298	$2 \cdot 10^{-4}$	3,7
methaanzuur (mierenzuur)	298	$6 \cdot 10^{-7}$	6,2
ethaanzuur (azijnzuur)	298	$1 \cdot 10^{-13}$	13,0
methanol	298	$2 \cdot 10^{-17}$	16,7
ethanol (alcohol)	298	$3 \cdot 10^{-20}$	19,5
ammoniak (aasaan)	240	$10^{-33}$	33

■ Vaak wordt nog de term autoprotolyseconstante in plaats van ionisatieconstante gebruikt.

berekend met behulp van de formules van tabel 37C

	T = 298 K		T = 500 K		T = 750 K		T = 1000 K	
	log K	K	log K	K	log K	K	log K	K
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HCl}(\text{g})$	+33,38	$2,4 \cdot 10^{33}$	+20,32	$2,1 \cdot 10^{20}$	+13,89	$7,8 \cdot 10^{13}$	+10,68	$4,7 \cdot 10^{10}$
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$	+2,94	$8,7 \cdot 10^2$	+2,21	$1,6 \cdot 10^2$	+1,85	$7,0 \cdot 10^1$	+1,66	$4,6 \cdot 10^1$
$2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	+80,10	$1,3 \cdot 10^{80}$	+45,89	$7,8 \cdot 10^{45}$	+29,05	$1,1 \cdot 10^{29}$	+20,63	$4,3 \cdot 10^{20}$
$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$	+5,83	$6,8 \cdot 10^5$	-0,70	$2,0 \cdot 10^1$	-3,92	$1,2 \cdot 10^{-4}$	-5,53	$3,0 \cdot 10^{-6}$
$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$	-30,73	$4,2 \cdot 10^{-31}$	-17,59	$2,6 \cdot 10^{-18}$	-11,30	$5,0 \cdot 10^{-12}$	-8,15	$7,1 \cdot 10^{-9}$
$2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$	+12,21	$1,6 \cdot 10^{12}$	+4,22	$1,6 \cdot 10^4$	+0,28	1,9	-1,69	$2,0 \cdot 10^{-2}$
$2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	+0,95	8,9	-3,16	$6,9 \cdot 10^{-4}$	-5,18	$6,6 \cdot 10^{-8}$	-6,19	$6,5 \cdot 10^{-7}$
$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$	+16,13	$1,4 \cdot 10^{16}$	+3,62	$4,2 \cdot 10^3$	-2,54	$2,9 \cdot 10^{-3}$	-5,62	$2,4 \cdot 10^{-6}$
$2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$	+24,53	$3,4 \cdot 10^{24}$	+10,63	$4,3 \cdot 10^{10}$	+3,79	$6,2 \cdot 10^3$	+0,36	2,3
$\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(\text{g})$	-21,00	$1,0 \cdot 10^{-21}$	-8,80	$1,6 \cdot 10^{-9}$	-2,79	$1,6 \cdot 10^{-3}$	+0,21	1,6
$\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$	+5,00	$9,9 \cdot 10^4$	+2,08	$1,2 \cdot 10^2$	+0,65	4,5	-0,065	$8,6 \cdot 10^{-1}$
$\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$	-22,60	$2,6 \cdot 10^{-23}$	-10,00	$9,9 \cdot 10^{-11}$	-3,81	$1,6 \cdot 10^{-4}$	-0,71	$2,0 \cdot 10^{-1}$
$2 \text{HgO}(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{Hg}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	-20,51	$3,1 \cdot 10^{-21}$	-7,68	$2,1 \cdot 10^{-8}$	-1,36	$4,4 \cdot 10^{-2}$	+1,80	$6,3 \cdot 10^1$
$3 \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{O}_3(\text{g})$	-57,20	$6,4 \cdot 10^{-58}$	-37,02	$9,5 \cdot 10^{-38}$	-27,11	$7,7 \cdot 10^{-28}$	-22,16	$6,9 \cdot 10^{-23}$

Voor gasevenwicht:  $m\text{A} + n\text{B} \rightleftharpoons q\text{C} + r\text{D}$  geldt:

$$K_p = K_p' p_R^{(q+r-m-n)} \text{ met } K_p' = \frac{p_C^q p_D^r}{p_A^m p_B^n}$$

Hierin is  $K_p$  de drukevenwichtskonstante en  $p_X' = \frac{p_X}{p_R}$  ( $X = \text{A, B, C of D}$ )

met  $p_X$  als de *partiele* evenwichtsdruk van gas X, in de regel in bar en  $p_R$  als een referentiedruk, in de regel 1 bar.

De gegevens in deze tabel zijn berekend volgens:  $R \ln K' = \Delta S^0 - \frac{\Delta H^0}{T}$

Hierin is de thermodynamische evenwichtskonstante  $K$  in goede benadering gelijk aan  $K_p$  en als men  $p_X$  in bar uitdrukt en voor  $p_R$  1 bar neemt, zijn de waarden van  $K_p$  en  $K$  dus aan elkaar gelijk.

## Indicatoren

### Zuur-base-indicatoren

	<i>kleur bij lagere pH-waarden</i>	<i>omslagtraject in pH bij 298 K</i>	<i>kleur bij hogere pH-waarden</i>
hematoxyline	rood	0,0 – 1,0	geel
kresolrood <sup>1</sup>	rood	0,0 – 1,0	geel
kristalviolet	geel	0,0 – 1,8	blauw
thymolblauw <sup>1</sup>	rood	1,2 – 2,8	geel
dimethylgeel	rood	2,9 – 4,0	geel
congorood	violet	3,0 – 5,0	oranjerood
methyloranje	rood	3,2 – 4,4	oranjegeel
broomkresolgroen	geel	3,8 – 5,4	blauw
methylrood	rood	4,8 – 6,0	geel
broomfenolrood	geel	5,2 – 6,8	paarsrood
lakmoes <sup>2</sup>	rood	5,5 – 8,0	blauw
broomthymolblauw	geel	6,0 – 7,6	blauw
fenolrood	geel	6,6 – 8,0	rood
neutraalrood	rood	6,8 – 8,0	oranjegeel
kresolrood <sup>1</sup>	geel	7,0 – 8,8	rood
thymolblauw <sup>1</sup>	geel	8,0 – 9,6	blauw
fenolftaleïne	kleurloos	8,2 – 10,0	paarsrood <sup>3</sup>
thymolftaleïne	kleurloos	9,4 – 10,6	blauw
alizariengeel-R	lichtgeel	10,1 – 12,0	rood
1,3,5-trinitrobenzeen	kleurloos	12,0 – 14,0	oranje

1 ► twee omslagtrajecten

2 ► vaag omslagtraject

3 ► In sterk basisch milieu (pH > 13,0) ontkleurt fenolftaleïne na korte tijd.

### Redoxindicatoren

	<i>kleur van de gereduceerde vorm</i>	<i>kleur van de geoxideerde vorm</i>	<i>milieu</i>	<i>overgangs- potentiaal in V</i>
nitrofenantroline-ijzer(II)complex (nitroferroïne)	rood	lichtblauw	1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> opl.	1,25
porfyrindine-leucoporfyrindine	blauw	kleurloos	pH = 0,0	1,20
o-fenantroline-ijzer(II)complex (ferroïne)	rood	lichtblauw	1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> opl.	1,08
difenylaminesulfonzuur	kleurloos	roodviolet	verdund zuur	0,87
difenylamine	kleurloos	roodviolet	verdund zuur	0,76
methyleenblauw	kleurloos	blauw	1 M zuur	0,53
fenosafranine	kleurloos	rood	1 M zuur	0,28
methylrood (niet omkeerbaar)	rood	kleurloos-lichtgeel		
methyloranje (niet omkeerbaar)	rood	kleurloos-lichtgeel		
eroglaurine (niet omkeerbaar)	groen	rood		
neutraalrood	kleurloos	rood		-0,32
thionine	kleurloos	violet		0,06



bindingslengte in  $10^{-12}$  m

H-H	74
F-F	141
Cl-Cl	199
Br-Br	228
I-I	267
O-O ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )	148
O $\equiv$ O ( $\text{O}_2$ )	128
O=O	121
N-N ( $\text{N}_2\text{H}_4$ )	145
N $\equiv$ N	113
C-C	153
C-C (benzeen)	140
C=C	134
C $\equiv$ C	120

H-F	92
H-Cl	127
H-Br	141
H-I	161
H-O	96
H-S	134
N-H	101
P-H	142
C-H	108
Si-H	148
C-F	139
C-Cl	179
C-Br	194
C-I	213

C-O	142
C-O ( $\text{HCOOH}$ )	136
C $\equiv$ O ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	131
C $\equiv$ O ( $\text{HCOO}^-$ )	125
C=O ( $\text{HCOOH}$ )	121
C=O (aldehyde, keton)	121
C=O ( $\text{CO}_2$ )	116
C $\equiv$ O (CO)	113
C-N	146
C $\equiv$ N (benzeenamine)	135
C=N	121
C=N	116
N $\equiv$ O ( $\text{NO}_2$ )	119
N-O (NO)	115
S $\equiv$ O ( $\text{SO}_2$ )	143

bindingshoek in graden

molecuul of ion	hoek	grootte
$\text{CH}_4$	HCH	109,5
$\text{CH}_3\text{Cl}$	HCH	110,8
$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	HCH	111,5
idem	ClCCl	112,0
$\text{CHCl}_3$	ClCCl	111,3
$\text{CCl}_4$	ClCCl	109,5
$\text{NH}_3$	HNH	106,7
$\text{PH}_3$	HPH	93,3
$\text{H}_2\text{O}$	HOH	104,5
$\text{H}_2\text{S}$	HSH	92,1
$\text{SO}_2$	OSO	119,3
$\text{O}_3$	OOO	117,5
$\text{ClO}_3^-$	OCIO	106,7

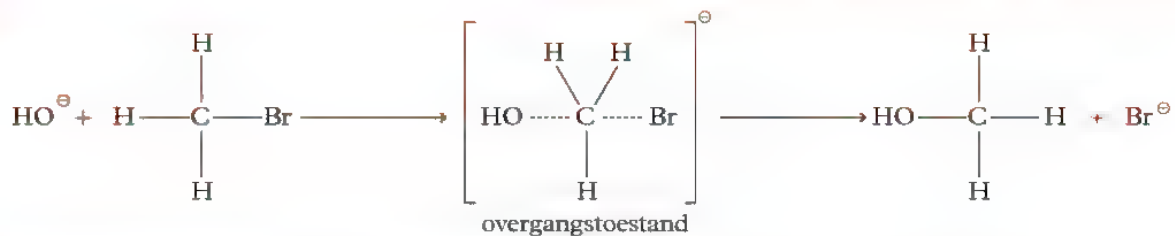
molecuul of ion	hoek	grootte
$\text{ClO}_2$	OCIO	110,5
$\text{SO}_3$	OSO	120
$\text{CO}_2$	OCO	180
$\text{CO}_3^{2-}$	OCO	120
$\text{NO}_3^-$	ONO	120
$\text{NO}_2^-$	ONO	115
$\text{C}_2\text{H}_4$	HCH	117
$\text{C}_2\text{H}_2$	HCC	180
$\text{C}_6\text{H}_6$	CCC	120
idem	CCH	120
$\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$	COC	114
$\text{H}_2\text{CO}$	HCH	117



## Reactiemechanismen



### Nucleofiele substitutie volgens S<sub>N</sub>2

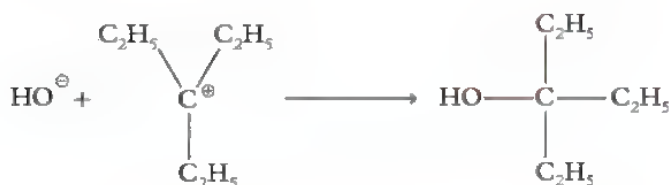


### Nucleofiele aromatische substitutie volgens S<sub>N</sub>Ar

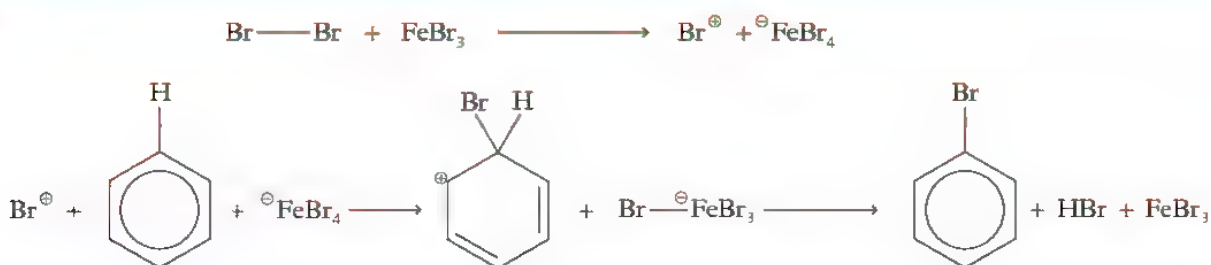
Stap 1



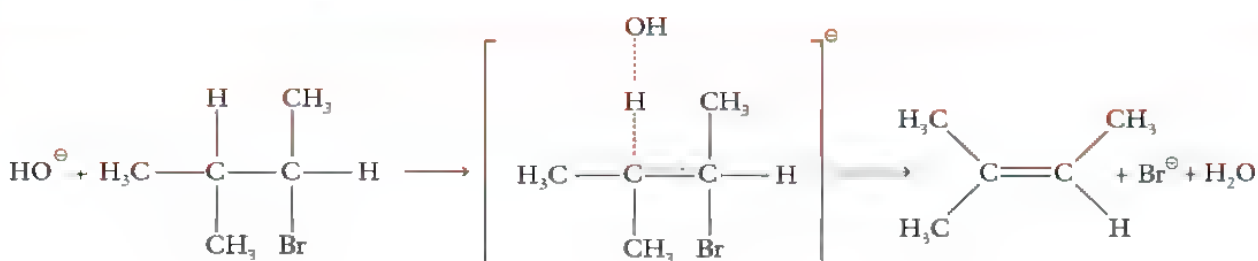
Stap 2



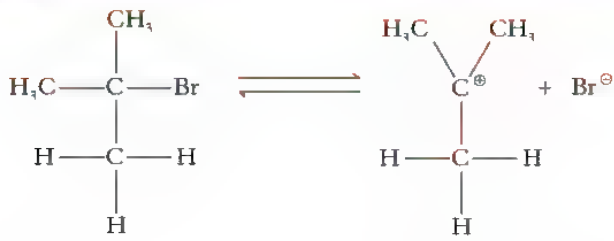
### Elektrofiele aromatische substitutie S<sub>E</sub>Ar (Friedel-Crafts bromering)



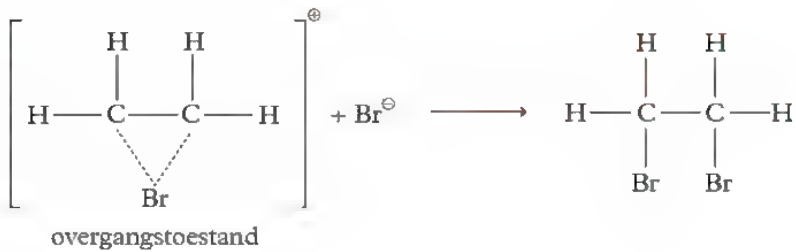
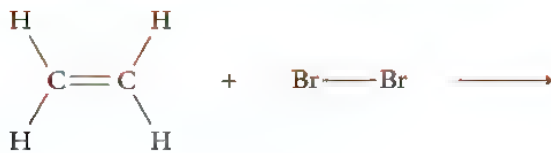
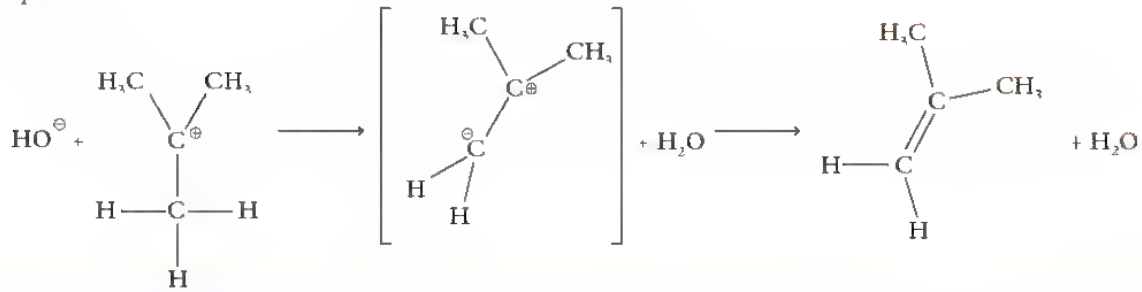
### Eliminatie volgens E2



Stap 1



Stap 2



dipoolmoment in  $10^{-30}$  Cm

AsH <sub>3</sub>	0,72	HCl	3,7	NH <sub>3</sub>	4,9	PH <sub>3</sub>	1,9
CO	0,37	HF	6,1	NO	0,53	SO <sub>2</sub>	5,4
CO <sub>2</sub>	0	HI	1,5	NO <sub>2</sub>	1,1	SO <sub>3</sub>	0
CS <sub>2</sub>	0	H <sub>2</sub> O	6,2	N <sub>2</sub> O	0,54	SbH <sub>3</sub>	0,40
HBr	2,8	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5,2	O <sub>3</sub>	1,8	SiH <sub>4</sub>	0
HCN	10	H <sub>2</sub> S	3,3	PCl <sub>3</sub>	1,9		

dipoolmoment in  $10^{-30}$  Cm

methaan	0	1,1-dichloorethaan	6,9
ethaan	0	1,2-dichloorethaan	4,0
andere alkanen	≈ 0	<i>cis</i> -1,2-dichlooretheen	6,3
etheen	0	<i>trans</i> -1,2-dichlooretheen	0
propeen	1,2	chloorbenzeen	5,6
but-1-een	1,3	1,2-dichloorbenzeen	8,3
<i>cis</i> -but-2-een	0,84	1,3-dichloorbenzeen	5,7
<i>trans</i> -but-2-een	0	1,4-dichloorbenzeen	0
ethyn (acetyleen)	0	methanol	5,7
propyn	2,6	ethanol (alcohol)	5,6
cyclopropaan	0	propaan-1-ol	5,2
benzeen	0	propaan-2-ol	5,3
tolueen [methylbenzeen]	1,3	fenol [benzenol]	4,1
ethylbenzeen	2,0	methoxymethaan	4,3
1,2-dimethylbenzeen	2,1	ethoxyethaan (ether)	3,7
1,4-dimethylbenzeen	0	methanal	7,8
fluormethaan	6,2	ethanal	9,2
chloormethaan	6,3	propanal	9,1
broommethaan	6,1	propanon	9,6
joodmethaan	5,5	methaanzuur (mierenzuur)	4,8
dichloormethaan	5,3	ethaanzuur (azijnzuur)	5,7
trichloormethaan	3,5	methaanamine [methylazaan]	4,4
tetrachloormethaan	0	ethaanamine [ethylazaan]	4,1
chloorethaan	6,8		



verbrandingswarmte in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$ , het gevormde water komt vrij als vloeistof

methaan(g)	-8,90
ethaan(g)	-15,59
propaan(g)	-22,19
butaan(g) ( <i>n</i> -butaan)	-28,75
2-methylpropaan(g) (isobutaan)	-28,67
cyclopropaan(g)	-20,77
etheen(g)	-14,10
propeen(g)	-20,57
but-1-een(g)	-27,15
<i>cis</i> -but-2-een(g)	-27,08
<i>trans</i> -but-2-een(g)	-27,00
buta-1,3-dieen(g)	-25,40
benzeen(l)	-32,70
tolueen(l) [methylbenzeen]	-39,07
ethyn(g) (acetyleen)	-12,99
propyn(g)	-19,37
methanol(l)	-7,26
ethanol(l) (alcohol)	-13,66
propaan-1,2,3-triol(l) (glycerol)	-16,61

methanal(g)	-5,50
ethanal(g)	-11,66
methoxymethaan(g)	-14,53
ethoxyethaan(l) (ether)	-27,25
methaanzuur(l) (mierenzuur)	-2,70
ethaanzuur(l) (azijnzuur)	-8,72
propaanzuur(l) (propionzuur)	-15,75
ethaandizuur(s) (oxaalzuur)	-2,46
fumaarzuur(s)	-13,39
melkzuur(s)	-13,64
citroenzuur(s)	-19,85
alanine(s)	-16,22
ureum(s)	-6,34
ribose(s)	-23,49
glucose(s)	-28,16
galactose(s)	-28,06
maltose(s)	-56,49
sacharose(s)	-56,47

■ Warmte betekent hier opgenomen (positief) of afgestane (negatief) energie bij constante omgevingsdruk.

■ Stookwaarden: zie tabel 28B.

vormingswarmte in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

AgBr(s)	-1,00
AgCl(s)	-1,27
AgF(s)	-2,05
AgI(s)	-0,618
Ag <sub>2</sub> O(s)	-0,311
AlCl <sub>3</sub> (s)	-7,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-16,76
BaBr <sub>2</sub> (s)	-7,57
BaCl <sub>2</sub> (s)	-8,55
BaCO <sub>3</sub> (s)	-12,13
BaI <sub>2</sub> (s)	-6,02
BaO(s)	-5,48
Ba(OH) <sub>2</sub> (s)	-9,45
BaSO <sub>4</sub> (s)	-14,73
C(s) diamant	+0,019
CaBr <sub>2</sub> (s)	-6,83
CaCl <sub>2</sub> (s)	-7,95
CaCO <sub>3</sub> (s)	-12,08
CaI <sub>2</sub> (s)	-5,34
CaO(s)	-6,35
Ca(OH) <sub>2</sub> (s)	-9,85
CaSO <sub>4</sub> (s)	-14,35
CO(g)	-1,105
CO <sub>2</sub> (g)	-3,935
CS <sub>2</sub> (l)	+0,890
CuO(s)	-1,57
CuS(s)	-0,531
CuSO <sub>4</sub> (s)	-7,71
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O(s)	-22,78
FeCl <sub>2</sub> (s)	-3,42
FeCl <sub>3</sub> (s)	-4,00
FeO(s)	-2,72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-8,24

HBr(g)	-0,363
HCl(g)	-0,923
HF(g)	-2,73
HI(g)	+0,265
HNO <sub>3</sub> (l)	-1,74
H <sub>2</sub> O(l)	-2,86
H <sub>2</sub> O(g)	-2,42
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)	-1,88
H <sub>2</sub> S(g)	-0,206
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)	-8,14
KBr(s)	-3,94
KCl(s)	-4,37
KClO <sub>3</sub> (s)	-3,98
KF(s)	-5,67
K <sub>2</sub> O(s)	-3,62
KOH(s)	-4,25
KI(s)	-3,28
LiBr(s)	-3,51
LiCl(s)	-4,09
LiF(s)	-6,16
Li <sub>2</sub> O(s)	-5,98
LiI(s)	-2,70
MgBr <sub>2</sub> (s)	-5,24
MgCl <sub>2</sub> (s)	-6,41
MgCO <sub>3</sub> (s)	-10,96
MgO(s)	-6,02
MgI <sub>2</sub> (s)	-3,64
MgSO <sub>4</sub> (s)	-12,85

NaBr(s)	-3,61
NaCl(s)	-4,11
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	-11,31
NaF(s)	-5,77
NaI(s)	-2,88
Na <sub>2</sub> O(s)	-4,14
NaOH(s)	-4,26
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-13,87
NH <sub>3</sub> (g)	-0,459
NH <sub>4</sub> Cl(s)	-3,14
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (s)	-3,66
NO(g)	+0,913
NO <sub>2</sub> (g)	+0,332
N <sub>2</sub> O(g)	+0,816
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	+0,111
O <sub>3</sub> (g)	+1,43
P <sub>x</sub> (s) rood	-0,18
PCl <sub>3</sub> (l)	-3,20
PCl <sub>5</sub> (s)	-4,44
PbCl <sub>2</sub> (s)	-3,59
PbO(s)	-2,19
PbO <sub>2</sub> (s)	-2,77
SiO <sub>2</sub> (s)	-9,11
SnCl <sub>2</sub> (s)	-3,25
SnCl <sub>4</sub> (l)	-5,11
SO <sub>2</sub> (g)	-2,97
SO <sub>3</sub> (g)	-3,96
ZnCl <sub>2</sub> (s)	-4,15
ZnO(s)	-3,51
ZnS(s, wurtziet)	-1,93
ZnS(s, sphaleriet)	-2,06

■ Bij koolstof wordt grafiet, bij fosfor witte fosfor en bij zwavel rombische zwavel als uitgangsstof genomen.

■ Warmte betekent hier opgenomen (positief) of afgestane (negatief) energie bij constante omgevingsdruk.

vormingswarmte in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

methaan(g)	-0,75
ethaan(g)	-0,84
propaan(g)	-1,04
butaan(g) (n-butaan)	-1,26
2-methylpropaan(g) (isobutaan)	-1,34
cyclopropaan(g)	+0,53
etheen(g)	+0,52
propeen(g)	+0,20
but-1-een(g)	+0,01
cis-but-2-een(g)	-0,07
trans-but-2-een(g)	-0,11
buta-1,3-dieen(g)	+1,10
benzeen(l)	+0,49
tolueen(l) [methylbenzeen]	+0,12
ethyn(g) (acetyleen)	+2,27
propyn(g)	+1,85

methanol(l)	-2,39
ethanol(l)	-2,78
methanal(g)	-1,09
ethanal(g)	-1,92
methoxymethaan(g)	-1,84
ethoxyethaan(l) (ether)	-2,80
methaanzuur(l) (mierenzuur)	-4,25
ethaanzuur(l) (azijnzuur)	-4,84
methaanamine(g) [methylazaan]	-0,23
ethaanamine(g) [ethylazaan]	-0,48
chloormethaan(g)	-0,82
broommethaan(g)	-0,35
joodmethaan(l)	-0,14
dichloormethaan(l)	-1,24
trichloormethaan(l) (chloroform)	-1,34
tetrachloormethaan(l) (tetra)	-1,28

■ Bij koolstof wordt grafiet als uitgangsstof genomen.

■ Warmte betekent hier opgenomen (positief) of afgestaan (negatief) energie bij constante omgevingsdruk.

bindingsenergie in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$ ; de opgegeven waarden gelden per mol binding

H-H	-4,36	H...O (H-brug)	-0,22 <sup>1</sup>	C-F	-4,4 <sup>1</sup>	C-H (aldehyde)	-3,6 <sup>1</sup>
F-F	-1,53	H-O (H <sub>2</sub> O)	-4,635	C-Cl	-3,3 <sup>1</sup>	C-H (overige)	-4,1 <sup>1</sup>
Cl-Cl	-2,43	H-O (alcohol)	-4,5 <sup>1</sup>	C-Br	-2,8 <sup>1</sup>	C-C	-3,5 <sup>1</sup>
Br-Br	-1,93	H-S (H <sub>2</sub> S)	-3,44	C-I	-2,4 <sup>1</sup>	C=C	-6,1 <sup>1</sup>
I-I	-1,51	H-Se (H <sub>2</sub> Se)	-2,77	C=O (fenol)	-3,7	C≡C	-8,3 <sup>1</sup>
O=O	-4,98	H-Te (H <sub>2</sub> Te)	-2,44	C=O (CO <sub>2</sub> )	-8,04	C≡C (benzeen)	-5,05
O-O (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	-2,13	N-H (NH <sub>3</sub> )	-3,91	C=O (overige)	-8,0 <sup>1</sup>	C-Si	-3,0 <sup>1</sup>
S-S	-2,64	N-H (amine)	-3,9 <sup>1</sup>	C-O	-3,5 <sup>1</sup>		
N=N	-9,45	P-H (PH <sub>3</sub> )	-3,22	C-S	-2,6 <sup>1</sup>		
N-N	-0,85	As-H (AsH <sub>3</sub> )	-2,45	C-N	-2,8 <sup>1</sup>		
H-F	-5,63	P-Cl (PCl <sub>3</sub> )	-3,32	C≡N (benzeen-amine)	-4,5		
H-Cl	-4,32	P-Br (PBr <sub>3</sub> )	-2,78	C=N	-6,2 <sup>1</sup>		
H-Br	-3,66	P-I (PI <sub>3</sub> )	-2,14	C=N	-8,9 <sup>1</sup>		
H-I	-2,99						

1 ► gemiddelde waarde

sublimatiewarmte in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

Li	+1,61	Mg	+1,49	Al	+3,24
Na	+1,08	Ca	+1,77	C (grafiet)	+7,15
K	+0,90	Ba	+1,75	I <sub>2</sub>	+0,62
Rb	+0,82	Fe	+4,18	P <sub>4</sub> (wit)	+0,55
Cs	+0,78	Cu	+3,39	S <sub>8</sub>	+0,93
Ag	+2,86	Pb	+1,96		
		Zn	+1,30		

■ Warmte betekent hier opgenomen (positief) of afgestane (negatief) energie bij constante omgevingsdruk.

verdampingswarmte in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

Hg	+0,61	H <sub>2</sub> O	+0,44	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> OH	+0,42
Br <sub>2</sub>	+0,31	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	+0,34	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O (aceton)	+0,31
		CH <sub>3</sub> OH	+0,37	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	+0,38

■ Warmte betekent hier opgenomen (positief) of afgestane (negatief) energie bij constante omgevingsdruk.

roosterenergie in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$

LiF	-10,4	RbF	-7,8	MgF <sub>2</sub>	-29,3	Na <sub>2</sub> O	-25,3
LiCl	-8,5	RbCl	-6,8	MgCl <sub>2</sub>	-25,0	K <sub>2</sub> O	-22,8
LiBr	-8,0	RbBr	-6,5	MgBr <sub>2</sub>	-24,0	MgO	-38,4
LiI	-7,6	RbI	-6,2	MgI <sub>2</sub>	-23,1	CaO	-34,5
NaF	-9,2	CsF	-7,4	CaF <sub>2</sub>	-26,2	BaO	-31,0
NaCl	-7,8	CsCl	-6,5	CaCl <sub>2</sub>	-22,3	ZnO	-40,2
NaBr	-7,4	CsBr	-6,3	CaBr <sub>2</sub>	-21,3	FeO	-39,0
NaI	-7,0	CsI	-6,0	CaI <sub>2</sub>	-20,6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-150
KF	-8,2	AgF	-9,7	BaCl <sub>2</sub>	-20,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-153
KCl	-7,1	AgCl	-9,1				
KBr	-6,8	AgBr	-8,9				
KI	-6,4	AgI	-8,9				

■ Deze waarden zijn berekend volgens de born-habercyclus.

hydratatie-energie in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$

$\text{H}^+$	-10,8	$\text{Mg}^{2+}$	-18,9	$\text{Al}^{3+}$	-46,1	$\text{OH}^-$	-5,4
$\text{Li}^+$	-5,0	$\text{Ca}^{2+}$	-15,6	$\text{Fe}^{3+}$	-43,3	$\text{F}^-$	-5,2
$\text{Na}^+$	-3,9	$\text{Ba}^{2+}$	-12,7			$\text{Cl}^-$	-3,8
$\text{K}^+$	-3,1	$\text{Zn}^{2+}$	-20,1			$\text{Br}^-$	-3,5
$\text{Rb}^+$	-2,8	$\text{Cu}^{2+}$	-20,7			$\text{I}^-$	-3,1
$\text{Cs}^+$	-2,5	$\text{Fe}^{2+}$	-18,9				
$\text{Ag}^+$	-4,6						
$\text{NH}_4^+$	-2,8						

## Ionisatie-energieën en elektronenaffiniteiten

### Ionisatie-energieën

$E_i$  in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$

$\text{H}/\text{H}^+$	+13,1	$\text{Mg}/\text{Mg}^{2+}$	+21,9	$\text{Al}/\text{Al}^{3+}$	+51,4
$\text{Li}/\text{Li}^+$	+5,2	$\text{Ca}/\text{Ca}^{2+}$	+17,4	$\text{Fe}/\text{Fe}^{3+}$	+52,8
$\text{Na}/\text{Na}^+$	+5,0	$\text{Ba}/\text{Ba}^{2+}$	+14,7		
$\text{K}/\text{K}^+$	+4,2	$\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}$	+26,4		
$\text{Rb}/\text{Rb}^+$	+4,0	$\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$	+27,0		
$\text{Cs}/\text{Cs}^+$	+3,8	$\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}$	+23,2		
$\text{Ag}/\text{Ag}^+$	+7,3				

### Elektronenaffiniteiten

$E_{\text{ea}}$  in  $10^5 \text{ J mol}^{-1}$

$\text{H}/\text{H}^-$	-0,73	$\text{OH}/\text{OH}^-$	-1,8	$\text{O}/\text{O}^-$	-1,4	$\text{O}/\text{O}^{2-}$	+6,5
$\text{F}/\text{F}^-$	-3,3	$\text{SH}/\text{SH}^-$	-2,2	$\text{S}/\text{S}^-$	-2,0	$\text{S}/\text{S}^{2-}$	+4,5
$\text{Cl}/\text{Cl}^-$	-3,5						
$\text{Br}/\text{Br}^-$	-3,2						
$\text{I}/\text{I}^-$	-3,0						





## Absolute entropieën



### Elementen

absolute entropie in  $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

Ag(s)	43
Al(s)	28
Ba(s)	63
Br <sub>2</sub> (l)	152
C(s) (grafiet)	5,7
C(s) (diamant)	2,4
Ca(s)	42
Cl <sub>2</sub> (g)	223

Cu(s)	33
F <sub>2</sub> (g)	203
Fe(s)	27
H <sub>2</sub> (g)	131
Hg(l)	76
I <sub>2</sub> (s)	116
K(s)	65
Mg(s)	33

Na(s)	51
N <sub>2</sub> (g)	192
O <sub>2</sub> (g)	205
O <sub>3</sub> (g)	239
P <sub>4</sub> (s) (wit)	164
S <sub>8</sub> (s) (rombisch)	257
Zn(s)	42



### Anorganische stoffen

absolute entropie in  $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

AgBr(s)	107
AgCl(s)	96
AgI(s)	116
BaCl <sub>2</sub> (s)	124
BaCO <sub>3</sub> (s)	112
BaO(s)	72
BaSO <sub>4</sub> (s)	132
CaCl <sub>2</sub> (s)	108
CaCO <sub>3</sub> (s)	92
CaO(s)	38
Ca(OH) <sub>2</sub> (s)	83

CO(g)	198
CO <sub>2</sub> (g)	214
CuO(s)	43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	87
HBr(g)	199
HCl(g)	187
HI(g)	207
H <sub>2</sub> O(l)	70
H <sub>2</sub> O(g)	189
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)	110
H <sub>2</sub> S(g)	206
KCl(s)	83

MgCO <sub>3</sub> (s)	66
NH <sub>3</sub> (g)	193
N <sub>2</sub> O(g)	220
NO(g)	211
NO <sub>2</sub> (g)	240
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	304
SiO <sub>2</sub> (s)	42
SO <sub>2</sub> (g)	248
SO <sub>3</sub> (g)	257
ZnO(s)	44
ZnS(s)	58



### Organische stoffen

absolute entropie in  $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$  bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$

methaan(g)	186
ethaan(g)	229
propaan(g)	270
butaan(g) ( <i>n</i> -butaan)	310
etheen(g)	219
propeen(g)	267
but-1-een(g)	306
buta-1,3-dieen(g)	279
benzeen(l)	173
ethyn(g) (acetyleen)	201
propyn(g)	248

methanol(l)	127
ethanol(l) (alcohol)	161
methanal(g)	219
methaanzuur(l) (mierenzuur)	129
ethaanzuur(l) (azijnzuur)	160
chloormethaan(g)	235
broommethaan(g)	246
joodmethaan(l)	163
dichloormethaan(l)	178
trichloormethaan(l) (chloroform)	202
tetrachloormethaan(l) (tetra)	216

voornaamste bestanddelen	g L <sup>-1</sup>	% droge massa	voornaamste bestanddelen	g L <sup>-1</sup>	% droge massa
boorzuur	0,027	0,075	magnesiumionen	1,304	3,689
bromide-ionen	0,067	0,189	natriumionen	10,820	30,613
calciumionen	0,410	1,160	strontiumionen	0,013	0,038
chloride-ionen	19,455	55,044	sulfaationen	2,715	7,682
fluoride-ionen	0,001	0,003	waterstofcarbonaationen	0,144	0,406
kaliumionen	0,390	1,102	kwikionen	30 · 10 <sup>-9</sup>	–

■ Aanwezig zijn sporen van: argon, aluminiumionen, jodide-ionen, kobaltionen, koolstof-14, loodionen, nikkelionen, radiumionen, ijzerionen en zinkionen.

brandstof	vrijkomende stoffen		producten bij onvolledige verbranding		luchtverontreinigende producten				andere verontreinigende producten
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	roet	as	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	
bruinkool, steenkool	•	•	•	•	•	•	•	•	diverse (w.o. zware metalen)
turf	•	•	•				•		polycyclische koolwaterstoffen
hout	•	•	•	•	•		•		
stookolie	•	•	•	•	•	•	•	•	(polycyclische) koolwaterstoffen, diverse (w.o. zware metalen)
gasolie	•	•	•	•		•	•	•	(polycyclische) koolwaterstoffen
benzine	•	•	•	•			•	•	
butagas, butaan	•	•	•				•	•	
aardgas, methaan									
alcohol	•	•	•				•		
ethyleen [etheen], acetyleen [ethyn]	•	•	•	•			•	•	
koolstofmono-oxide	•						•		

■ CO en roet ontstaan vooral bij een tekort aan lucht.

## Eigenschappen van chemicaliën

### Vlamkleuringen

Vluchtige verbindingen (onder andere chloriden) kunnen een kleurloze vlam een karakteristieke kleur geven. De te onderzoeken stof wordt daartoe gemengd met geconcentreerd zoutzuur en op een platinadraad in de vlam gebracht. Men kan dan onderstaande vlamkleuringen waarnemen:

natrium	geel	calcium	steenrood	tin	blauw
kalium	zwak violet	barium	geelgroen	lood	zwak blauw
lithium	wijnrood	koper	groen	bismut	zwak blauwgrijs
strontium	wijnrood				

# Eigenschappen van chemicaliën

## Kleuren van chemicaliën

	wit	licht-geel	geel	geel-groen	licht-groen	groen	oranje	rose	rood	bruin	blauw	donkerblauw	paars-violet	grijs-zwart	zwart
AgBr(s)		■													
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (s)									■						
AgI(s)			■												
Ag <sub>2</sub> O(s)										■					
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (s)			■												
BaCrO <sub>4</sub> (s)			■												
Br <sub>2</sub> (l)/Br <sub>2</sub> (aq)			■				■		■	■					
C(grafiet)															■
Cl <sub>2</sub> (g)/Cl <sub>2</sub> (aq)					■										
Co <sup>2+</sup> (aq)								■							
CoCl <sub>2</sub> (s)											■				
CoCl <sub>2</sub> •6H <sub>2</sub> O(s)									■						
Cr <sup>3+</sup> (aq)						■					■				
CrCl <sub>3</sub> •6H <sub>2</sub> O(s)						■									
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)						■									
CrO <sub>3</sub> (s)									■						
Cr(OH) <sub>3</sub> (gel)					■										
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq)			■												
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> (aq)							■								
Cu(s)									■						
Cu <sup>2+</sup> (aq)											■				
CuCl <sub>4</sub> <sup>2-</sup>						■									
Cu <sub>2</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> (gel)										■					
Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> <sup>2+</sup> (aq)												■			
Cu <sub>2</sub> O(s)									■						
CuO(s)															■
Cu(OH) <sub>2</sub> (gel)											■				
CuSO <sub>4</sub> (s)	■														
CuSO <sub>4</sub> •5H <sub>2</sub> O(s)											■				
F <sub>2</sub> (g)					■										
Fe <sup>2+</sup> (aq)					■										
Fe <sup>3+</sup> (aq)		■													
Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>3-</sup> (aq)									■						
Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>4-</sup> (aq)		■													
FeCl <sub>3</sub> •6H <sub>2</sub> O(s)										■					
FeNO <sup>2+</sup> (aq)										■					
FeO(s)															■
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)										■					
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (s)															■
Fe(OH) <sub>2</sub> (gel)					■										
Fe(OH) <sub>3</sub> (gel)										■					
FeS(s)															■
Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub> (s)				■											■
FeSCN <sup>2+</sup> (aq)									■						

	wit	licht-geel	geel	geel-groen	licht-groen	groen	oranje	rose	rood	bruin	blauw	donker-blauw	paars-violet	grijs-zwart	zwart
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}(\text{s})$						■									
$\text{HgI}_2(\text{s})$ <sup>1</sup>			■						■						
$\text{HgO}(\text{s})$ <sup>1</sup>			■						■						
$\text{HgS}(\text{s})$ <sup>1</sup>	■								■						■
$\text{I}_2(\text{s})$														■	
$\text{I}_2(\text{g})$													■		
$\text{I}_2$ (in apolaire oplosmiddelen) <sup>1</sup>										■			■		
$\text{I}_3^-(\text{aq})$			■							■					
$\text{I}_2$ -zetmeel(aq) <sup>2</sup>					■					■	■	■	■		■
$\text{K}_2\text{CrO}_4(\text{s})$			■												
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{s})$							■								
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6(\text{s})$									■						
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s})$			■												
$\text{KFeFe}(\text{CN})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s})$												■			
$\text{KMnO}_4(\text{s})$													■		
$\text{K}_2\text{MnO}_4(\text{s})$					■										
$\text{MnO}_2(\text{s})$						■				■					■
$\text{MnO}_4^-(\text{aq})$													■		
$\text{MnO}_4^{2-}(\text{aq})$					■										
$\text{NO}_2(\text{g})$										■					
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$					■										
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{s})$					■										
$\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{gel})$					■										
$\text{P}_4$ <sup>3</sup>	■	■													
$\text{P}_x$ <sup>3</sup>									■				■		
$\text{PbCrO}_4(\text{s})$			■												
$\text{PbI}_2(\text{s})$			■												
$\text{PbO}(\text{s})$ <sup>1</sup>		■							■						
$\text{PbO}_2(\text{s})$										■					
$\text{Pb}_3\text{O}_4(\text{s})$									■						
$\text{PbS}(\text{s})$															■
$\text{S}_8(\text{s})$		■													
$\text{SnS}(\text{s})$										■					

■ De hierboven vermelde kleuren zijn niet altijd objectief. Bepaalde kleuren worden door verschillende waarnemers wel eens verschillend geïnterpreteerd. Bovendien hangt de kleur van oplossingen af van de concentratie.

1 ► Deze stof kan in diverse modificaties met verschillende kleuren voorkomen.

2 ► De kleur hangt af van de samenstelling. Naarmate het  $\text{I}_2$ -gehalte toeneemt, wordt de kleur donkerder (van lichtblauw tot zwart).

3 ► Witte en gele fosfor zijn twee verschillende namen voor dezelfde stof, evenals rode en violette fosfor.

4 ► Indien de moleculen van het oplosmiddel een zuurstofatoom bevatten, lost  $\text{I}_2$  op met een bruine kleur.





# Naamgeving chemische stoffen



## Triviale namen

triviale naam	rationele naam
aardgas	methaan <sup>▶1</sup>
accu zuur	zwavelzuur
aceetaldehyde	ethanal
acetaat	ethanoaat of zuurrest van ethaanzuur
aceton	propanon
acetonitril	ethaannitril
acetyleen	ethyn
acrylonitril	propeennitril
acrylzuur	propeen zuur
actieve kool	koolstof <sup>▶1</sup>
adipinezuur	hexaandizuur
alanine	2-aminopropaanzuur
alcohol	ethanol
aluin	aluminiumkaliumbis(sulfaat) dodecahydraat <sup>▶5</sup> ; aluminiumkaliumsulfaat dodecahydraat <sup>▶6</sup>
ammonia	oplossing van ammoniak in water
ammoniakale zilveroplossing	oplossing van diammine-zilver(1+) ionen
amylalcoholen	pentanolen
amylum	mengsel van amylose en amylopectine
aniline	benzeenamine
appelzuur	2-hydroxybutaandizuur
arachidonzuur	icosa-5,8,11,14-tetraeen zuur
asparagine	2-amino-3-carbamoyl-propaanzuur
asparaginezuur	2-aminobutaandizuur
azijnzuur	ethaanzuur
barietwater	oplossing van barium(bis) hydroxide in water <sup>▶5</sup> ; oplossing van bariumhydroxide in water <sup>▶6</sup>
barnsteen zuur	butaandizuur
benzaldehyde	fenylmethanal
benzoëzuur	benzeencarbonzuur
benzol	benzeen
benzylalcohol	fenylmethanol
benzylamine	fenylmethaanamine
berlijnsblauw	kaliumijzer(III) hexacyanidoferraat(II) monohydraat
-bicarbonaat	-waterstofcarbonaat
-bichromaat	-dichromaat
bietsuiker	sacharose <sup>▶4</sup>
-bisulfaat	-waterstofsulfaat
-bisulfiet	-waterstofsulfiet
bitterzout	magnesiumsulfaat-heptahydraat
blauwzuur	waterstofcyanide

triviale naam	rationele naam
boterzuur	butaanzuur
broomwater	oplossing van broom in water
broomwaterstof	waterstofbromide [bromaan]
bruinsteen	mangaandioxide <sup>▶5</sup> ; mangaan(IV)oxide <sup>▶6</sup> <sup>▶1</sup>
butagas	butaan <sup>▶1</sup>
butyraat	butanoaat of zuurrest van butaanzuur
calciet	calciumcarbonaat <sup>▶1</sup>
capronzuur	hexaanzuur
carbide	calciumacetylde <sup>▶1</sup>
carbolzuur	fenol [benzenol]
carborundum	siliciumcarbide
caustische soda	natriumhydroxide
celstof	cellulose <sup>▶4</sup>
CFK <sup>▶2</sup>	chloorfluorkoolwaterstof
chilisalpeter	natriumnitraat <sup>▶1</sup>
chloorkalk	calciumchloridehypochloriet
chloorwater	oplossing van chloor in water
chloorwaterstof	waterstofchloride [chloraan]
chloroform	trichloormethaan
chroomaluin	chroomkaliumbis(sulfaat) dodecahydraat <sup>▶5</sup> ; chroom(III) kaliumsulfaatdodecahydraat <sup>▶6</sup>
citroenzuur	2-hydroxypropaan-1,2,3-tricarbonzuur
cupri-	koper(2+)
cupro	koper(1+)
cyaankali	kaliumcyanide
cysteïne	2-amino-3-sulfanyl-propaanzuur
druivensuiker, dextrose	glucose <sup>▶4</sup>
druivenzuur	racemisch mengsel van (+)- en (-)-2,3-dihydroxybutaandizuur
dubbelkoolzure soda	natriumwaterstof-carbonaat
ether	ethoxyethaan
ethylalcohol	ethanol
ethylchloride	chloorethaan
ethyleen	etheen
ethyleenglycol	ethaan-1,2-diol
fenol	benzenol
fenylalanine	2-amino-3-fenylpropaanzuur
ferri-	ijzer(3+)
ferro-	ijzer(2+)
fluoriet	calciumdifluoride <sup>▶5</sup> ; calciumfluoride <sup>▶6</sup> <sup>▶1</sup>
fluorwaterstof	waterstoffluoride [fluoraan]
formaldehyde	methanal
formaline, formol	oplossing van methanal



triviale naam	rationele naam
formiaat	methanoaat of zuurrest van methaanzuur
freon-12	dichloordifluormethaan
fructose	1,3,4,5,6-pentahydroxyhexaan-2-on <sup>1</sup>
fumaarzuur	trans-buteendizuur
gebluste kalk	calciumbis(hydroxide) <sup>5</sup> ; calciumhydroxide <sup>6</sup> <sup>1</sup>
geel bloedloogzout	kaliumhexacyanidoferraat(II)-trihydraat
gips	calciumsulfaatdihydraat
glauberzout	dinatriumsulfaatdecahydraat <sup>5</sup> ; natriumsulfaatdecahydraat <sup>6</sup>
glucose	2,3,4,5,6-pentahydroxyhexanal <sup>1</sup>
glutaarzuur	pentaandizuur
glutamine	2-amino-4-carbamoylbutaanzuur
glutaminezuur	2-aminopentaandizuur
glycerine	propaan-1,2,3-triol
glycerol	propaan-1,2,3-triol
glycine	aminoethaanzuur
glycol	ethaan-1,2-diol
halon	broomchloorfluorkoolwaterstof <sup>3</sup>
helse steen	zilvernitraat
houtgeest	methanol
hypo	dinatriumthiosulfaat-pentahydraat <sup>5</sup> ; natriumthiosulfaat-pentahydraat <sup>6</sup>
ijsazijn	ethaanzuur
ijzerhamerslag	ijzer(2+) di-ijzer(3+) tetra-oxide <sup>5</sup> ; ijzer(II) di-ijzer(III) oxide <sup>6</sup>
invertsuiker	mengsel van gelijke hoeveelheden fructose en glucose
isoamylalcohol	3-methyl-butaan-1-ol
isoboterzuur	2-methylpropaanzuur
isobutyl-	(2-methylpropyl)-
isoleucine	2-amino-3-methylpentaanzuur
isopreen	2-methyl-buta-1,3-dien
isopropyl-	(1-methylethyl)-
jodium	jood
jodoform	trijoodmethaan
joodwaterstof	waterstofjodide [jodaan]
kali	kaliumchloride
kaliloog	oplossing van kaliumhydroxide in water
kaliumferri-cyanide	kaliumhexacyanidoferraat(III)
kaliumferro-cyanide	kaliumhexacyanidoferraat(II)
kalkspaat	calciumcarbonaat <sup>1</sup>

triviale naam	rationele naam
kalksteen	calciumcarbonaat <sup>1</sup>
kalkwater	oplossing van calciumbis(hydroxide) in water <sup>5</sup> ; oplossing van calciumhydroxide in water <sup>6</sup>
kalomel	kwikchloride <sup>5</sup> ; kwik(I) chloride <sup>6</sup>
keukenzout	natriumchloride
knalgas	mengsel van twee volumedelen waterstofgas en een volumedeel zuurstofgas
kolendamp	koolstofmono-oxide
koningswater	mengsel van geconcentreerd salpeterzuur en geconcentreerd zoutzuur
koolzuurgas	koolstofdioxide
koolzuursneeuw	vast koolstofdioxide
kopervitriool	kopersulfaatpentahydraat <sup>5</sup> ; koper(II) sulfaatpentahydraat <sup>6</sup>
kresol	methylfenol
kwarts	siliciumdioxide <sup>1</sup>
lachgas	distikstofmono-oxide
laurinezuur	dodecaanzuur
leucine	2-amino-4-methylpentaanzuur
linoleenzuur	octadeca-9,12,15-trieenzuur
linolzuur	octadeca-9,12-dieenzuur
lysine	2,6-diaminohexaanzuur
magnesia	magnesiumoxide <sup>1</sup>
magnetiet	ijzer(2+) di-ijzer(3+) tetra-oxide <sup>5</sup> ; ijzer(II) di-ijzer(III) oxide <sup>6</sup>
maleïnezuur	cis-buteendizuur
malonzuur	propaandizuur
margarinezuur	heptadecaanzuur
marmer	calciumcarbonaat <sup>1</sup>
melksuiker	lactose <sup>1</sup>
melkzuur	2-hydroxypropaanzuur
menie	dilood(2+) lood(4+) tetra-oxide <sup>5</sup> ; dilood(II) lood(IV) oxide <sup>6</sup>
mercuri-	kwik(2+)
mercuro-	kwik(1+)
methacrylzuur	2-methylpropeenzuur
methionine	2-amino-4-(methylsulfanyl)-butaanzuur
methylalcohol	methanol
methylchloride	chloormethaan
mierenzuur	methaanzuur
moerasgas	methaan <sup>1</sup>
Mohr's zout	diammoniumijzerbis(sulfaat) hexahydraat <sup>5</sup> ; ammoniumijzer(II) sulfaat hexahydraat <sup>6</sup>
mosterdgas	bis(2-chloorethyl) sulfide
moutsuiker	maltose <sup>1</sup>



# Naamgeving chemische stoffen



## Triviale namen

triviale naam	rationele naam
mijngas	methaan <sup>1</sup>
<i>n</i> -alkaan	alkaan met een niet-vertakte koolstofketen
natronloog	oplossing van natriumhydroxide in water
nitreerzuur	mengsel van geconcentreerd salpeterzuur en geconcentreerd zwavelzuur
nitreuze damp	mengsel van stikstofoxiden
oliezuur	<i>cis</i> -octadec-9-eenzuur
ongebliste kalk	calciumoxide <sup>1</sup>
oxaalzuur	ethaandizuur
palmitinezuur	hexadecaanzuur
patina	(zie kopergroen)
petroleumether	mengsel van laag kokende alkanen
pikrinezuur	2,4,6-trinitrofenol
plumbi-	lood(4+)
plumbo-	lood(2+)
potas	dikaliumpcarbonaat <sup>5</sup> ; kaliumpcarbonaat <sup>6</sup>
propionaat	propaanoaat of zuurrest van propaanzuur
propionzuur	propaanzuur
pyrodruivenzuur	2-oxopropaanzuur
rattenkruit	diarseentrioxide
-rodanide	-thiocyanaat
ribose	2,3,4,5-tetrahydroxypentanal <sup>4</sup>
rietsuiker	sacharose <sup>4</sup>
rood bloedloogzout	kaliumhexacyanidoferraat(III)
salicylzuur	2-hydroxybenzeencarbonzuur
salmiak	ammoniumchloride
salpeter	kaliumnitraat
sebacinezuur	decaandizuur
seignettezout	Na,K-zout van 2,3-dihydroxybutaandizuur
serine	2-amino-3-hydroxypropaanzuur
silica	siliciumdioxide <sup>1</sup>
soda	dinatriumcarbonaatdecahydraat <sup>5</sup> ; natriumcarbonaatdecahydraat <sup>6</sup>
spiritus	ethanol <sup>1</sup>
stanni-	tin(4+)

triviale naam	rationele naam
stanno-	tin(2+)
stearinezuur	octadecaanzuur
steenzout	natriumchloride <sup>1</sup>
sterk water	ethanol <sup>1</sup> of methanoloplossing
styreen	fenyletheen
sublimaat	kwikdichloride <sup>5</sup> ; kwik(II)chloride <sup>6</sup>
sucrose, suiker	sacharose <sup>4</sup>
teflon	polytetrafluoretheen
tetra	tetrachloormethaan
thio	dinatriumthiosulfaatpentahydraat <sup>5</sup> ; natriumthiosulfaatpentahydraat <sup>6</sup>
tolueen, toluol	methylbenzeen
threonine	2-amino-3-hydroxybutaanzuur
tri	trichlooretheen
ureum	diamide van koolzuur
valeriaanzuur	pentaanzuur
valeriaat	pentanoaat of zuurrest van pentaanzuur
valine	2-amino-3-methylbutaanzuur
vinylchloride	chlooretheen
vitriool	zwavelzuur
vlugzout	diammoniumcarbonaat <sup>5</sup> ; ammoniumcarbonaat <sup>6</sup>
vruchtensuiker	fructose <sup>4</sup>
waterglas	oplossing van dinatriumsilicaat <sup>5</sup> ; oplossing van natriumsilicaat <sup>6</sup>
wijnsteenzuur	2,3-dihydroxybutaandizuur
xyleen, xylol	dimethylbenzeen
zand	siliciumdioxide <sup>1</sup>
zetmeel	mengsel van amylose en amylopectine <sup>4</sup>
zoutzuur	oplossing van waterstofchloride in water
zuiveringszout	natriumwaterstofcarbonaat
zwavelkoolstof	koolstofdisulfide
zwavelwaterstof	diwaterstofsulfide [sulfaan]
zwavelijzer	ijzersulfide <sup>5</sup> ; ijzer(II)sulfide <sup>6</sup>

1 ► belangrijkste bestanddeel

2 ► Freonen (CFK's) worden vaak weergegeven met een code die uit twee of drie cijfers bestaat:

- het laatste van deze cijfers geeft het aantal fluoratomen in zo'n molecuul,
- het voorlaatste cijfer geeft het aantal waterstofatomen plus 1,
- bij een driecijferige code geeft het eerste cijfer het aantal koolstofatomen minus 1; als het eerste cijfer 0 is, dan wordt dat in de code niet vermeld.

3 ► Halonen worden vaak weergegeven met een code die uit vier cijfers bestaat (bijv. 1301):

- het eerste cijfer geeft het aantal koolstofatomen in zo'n molecuul,
- het tweede, derde en vierde cijfer stellen respectievelijk het aantal fluor-, chloor- en broomatomen voor.

4 ► Structuurformules (cyclovorm): zie tabel 67F.

5 ► Voorkeur IUPAC

6 ► Toegestaan volgens IUPAC

$\text{NH}_3$	ammoniak [aasaan]
$\text{H}_2\text{SO}_4$	zwavelzuur
$\text{H}_2\text{SO}_3$ ( $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ )	zwaveligzuur
$\text{H}_2\text{CO}_3$ ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ )	koolzuur
$\text{HNO}_3$	salpeterzuur
$\text{HNO}_2$ ( $\text{NO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ )	salpeterigzuur
$\text{H}_3\text{PO}_4$	fosforzuur
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	oxaalzuur
$\text{HClO}_4$	perchloorzuur
$\text{HClO}_3$	chloorzuur
$\text{HClO}_2$	chloorigzuur
$\text{HClO}$	onderchloorigzuur
$\text{H}_2\text{O}_2$	waterstofperoxide [dioxidaan]
$\text{CH}_4$	methaan
$\text{C}_2\text{H}_6$	ethaan
$\text{C}_3\text{H}_8$	propaan
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	butaan
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$	pyrodruivenzuur [2-oxopropaanzuur]
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	melkzuur [2-hydroxypropaanzuur]
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	glucose/druivensuiker/dextrose
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	rietsuiker/bietsuiker/sacharose

$\text{NH}_4^+$	ammonium [azanium]
$\text{H}_3\text{O}^+$	oxonium
$\text{SO}_4^{2-}$	sulfaat
$\text{SO}_3^{2-}$	sulfiet
$\text{HCO}_3^-$	waterstofcarbonaat
$\text{CO}_3^{2-}$	carbonaat
$\text{SiO}_3^{2-}$	silicaat
$\text{SiO}_4^{4-}$	silicaat
$\text{NO}_3^-$	nitraat
$\text{NO}_2^-$	nitriet
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	diwaterstoffosfaat
$\text{HPO}_4^{2-}$	monowaterstoffosfaat
$\text{PO}_4^{3-}$	fosfaat
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	oxalaat
$\text{ClO}_4^-$	perchloraat
$\text{ClO}_3^-$	chloraat
$\text{ClO}_2^-$	chloriet
$\text{ClO}^-$	hypochloriet
$\text{OH}^-$	hydroxide
$\text{CrO}_4^{2-}$	chromaat
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	dichromaat
$\text{MnO}_4^{2-}$	manganaat
$\text{MnO}_4^-$	permanganaat
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	thiosulfaat
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	acetaat [ethanoaat]

## Naamgeving chemische stoffen

### Numerieke voorvoegsels

factor	naam	factor	naam	factor	naam	factor	naam
1	mono- of hen- <sup>1</sup>	10	deca-	20	icosa- <sup>2</sup>	100	hecta-
2	di- of do- <sup>1</sup>	11	undeca-	30	triaconta-	200	dicta-
3	tri-	12	dodeca-	40	tetraconta-	300	tricta-
4	tetra-	13	trideca-	50	pentaconta-	400	tetracta-
5	penta-	14	tetradeca-	60	hexaconta-	500	pentacta-
6	hexa-	15	pentadeca-	70	heptaconta-		
7	hepta-	16	hexadeca-	80	octaconta-	1000	kilia-
8	octa-	17	heptadeca-	90	nonaconta-	2000	dilia-
9	nona-	18	octadeca-			3000	trilia-
		19	nonadeca-			4000	tetralia-
						5000	pentalia-

- 1 ► In voorvoegsels groter dan 11 wordt het cijfer 1 weergegeven met hen- en het cijfer 2 met do-;  
bijv. henicosa-(21), dononacontahexacta-(692).
- 2 ► De beginletter 'i' van ica- wordt weggelaten na een numerieke term, die op een klinker eindigt;  
bijv. docosa-(22), trica-(23).

klasse	kenmerkende groep	voorvoegsel	achtervoegsel <sup>1</sup>	prioriteit ↑
carbonsuren	-COOH	(carboxy-)	-zuur <sup>3</sup>	
sulfonsuren	-SO <sub>3</sub> H	(sulfo-)	-sulfonzuur	
zuuranhydriden	COOCO		-zuuranhydride	
esters	COO	(alkoxycarbonyl-)	-aat <sup>1</sup>	
zuurchloriden	-COCl	(chloorcarbonyl-)	-oylchloride	
amiden	-CONH <sub>2</sub> , -CONH-, -CON<	(carbamoyle-)	-amide	
nitrillen	-CN	cyaan-	-nitril <sup>3</sup>	
aldehyden	-CHO	oxo-	-al	
ketonen	>CO	oxo-	-on	
alcoholen	-OH	hydroxy-	-ol	
fenolen	-OH	hydroxy-	-ol	
thiolen	-SH	sulfanyl-	-thiol	
aminen	-NH <sub>2</sub> , NH-, N<	amino- N-alkylamino- N-alkyl-N-alkyl' amino-	-amine <sup>4</sup> N-alkyl... amine <sup>4</sup> N-alkyl-N-alkyl'... amine <sup>4</sup>	
ethers	-O-	alkoxy-	geen	
halogeen- verbindingen	-F, -Cl, -Br, -I	halogeen-	geen	
nitroverbindingen	-NO <sub>2</sub>	nitro-	geen	



- 1 ► De 'ruggengraat' van een koolstofverbinding is de stamverbinding gevormd door de langste keten van C-atomen. De stamnaam, gebaseerd op het aantal C-atomen in deze keten, bestaat uit stam + uitgang (zie tabel hieronder).

aantal C	1	2	3	4	5	6	...
stam	meth	eth	prop	but	pent	hex	...

<i>uitgang</i>	<i>koolstofverbinding heeft</i>
-aan	geen dubbele of drievoudige bindingen
-een	één dubbele binding (-adien: twee dubbele bindingen)
-yn	één drievoudige binding (-adijn: twee drievoudige bindingen)
-enyn	één dubbele en één drievoudige binding

- Een H-atoom van de stamverbinding/stamhydride (een niet vertakte keten van C- of andere atomen met het maximum aantal H-atomen eraan vast; het kan ook een alifatische of aromatische ring zijn) kan vervangen worden door een ander atoom of een atoomgroep: een substituent. Bevat de substituent minstens één heteroatoom (een niet-C- of niet-H-atoom) dan noemt men de substituent een karakteristieke groep. Een substituent zonder heteroatomen heet tak, met een taknaam die bestaat uit een stam (zie boven) + yl. Zie voorbeeld 1.  
Een tak kan vertakt zijn en bestaat dan uit een hoofdtak, de langste C-keten gezien vanuit de stam, met één of meer zijtakken. Zo'n vertakte tak zet men tussen haakjes. Zie voorbeeld 2.  
Als bij een koolstofverbinding de keten op meer manieren gekozen kan worden, kiest men als langste keten de keten met de meeste takken (dus met het kleinste aantal vertakte takken). Zie voorbeeld 3.
- Bij een koolstofverbinding met één soort karakteristieke groep wordt deze groep, indien mogelijk, als achtervoegsel aangeduid (tabel 66D); bevat deze 'achtervoegsel' groep een C-atoom, dan rekent men dat C-atoom bij de stam.  
Wanneer een molecuul verschillende karakteristieke groepen bevat, dan is de hoofdgroep de groep die het hoogst in de tabel staat. Deze wordt in de naam met een achtervoegsel aangegeven; de groepen met een lagere prioriteit worden als voorvoegsel aangeduid (ook de groepen die geen achtervoegselnaam hebben). Zie voorbeeld 1.  
De hoofdgroep krijgt een zo laag mogelijk plaatsnummer. Bij afwezigheid van een karakteristieke groep die in de naam met een achtervoegsel kan worden aangeduid, wordt een eventuele dubbele/drievoudige binding als hoofdgroep beschouwd. Zie voorbeeld 4.
- Bij een koolstofverbinding met meer karakteristieke groepen kiest men de stam zó dat zoveel mogelijk van deze groepen direct aan de stam vastzitten (ook als de ketenlengte daarbij korter wordt). Zie voorbeeld 3.
- Bij een koolstofverbinding met meer dubbele/drievoudige bindingen, soorten takken/voorvoegsels/karakteristieke groepen geeft men steeds het aantal ervan aan met een numeriek voorvoegsel (zie tabel 66C).
- Wanneer in de naam van een molecuul meer voorvoegsels/takken voorkomen, is de volgorde daarvan alfabetisch. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de numerieke voorvoegsels, uitgezonderd bij vertakte takken.<sup>2</sup>
- Als dubbele/drievoudige bindingen, voor-/achtervoegsels/takken meer plaatsingsmogelijkheden hebben, worden deze voorafgegaan door een plaatsnummer te beginnen bij een uiteinde van de stamverbinding. Een achtervoegsel heeft een zo laag mogelijk plaatsnummer. Zie voorbeeld 4.  
Bij ontbreken van een achtervoegsel of een uitgang wordt de hoofdketen (stamverbinding) vanaf die kant genummerd die het laagste stel plaatsnummers oplevert. Het laagste stel plaatsnummers is het stel dat het laagste nummer heeft, waar het eerste verschil in nummering optreedt, dus het stel plaatsnummers 2, 3, 6, 8 is lager dan het stel 3, 4, 6, 8 of 2, 4, 5, 7. Zie voorbeeld 4a.  
Bij -enynen krijgt '-een' het laagste plaatsnummer als de regel over het laagste stel plaatsnummers geen uitsluitel geeft. Zie voorbeeld 4.
- Een koolstofverbinding die een derivaat is van benzeen, noemt men een aromatische verbinding. Andere koolstofverbindingen noemt men alifatische verbindingen. Een alifatische ringverbinding wordt met het prefix cyclo- aangeduid.
- In de stamnaam van heterocyclische ringsystemen beschouwt men de heteroatomen als vervangers van bepaalde koolstofatomen. De heteroatomen worden met de volgende voorvoegsels aangeduid (zie voorbeeld 5):

heteroatoom	O	S	N	P	Si
voorvoegsel	oxa	thia	aza	fosfa	sila



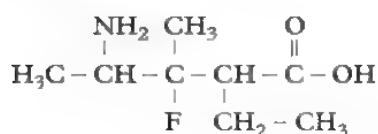
- Bij alkyl-gesubstitueerde aromatische verbindingen wordt het aromatisch gedeelte beschouwd als stamverbinding.  
Als karakteristieke groepen in de zijketen voorkomen dan wordt de zijketen de stamverbinding en krijgt benzeen de taknaam fenyl.
  - Bij aromatische verbindingen is de triviale naam toluen voor methylbenzeen toegestaan en heeft de triviale naam fenol voor benzenol de voorkeur.
- 2 ► De naam van een vertakte tak – tussen ronde haakjes – ziet men als een geheel. Daarom komt bijvoorbeeld (1,1-dimethylethyl) alfabetisch vóór ethyl (zie onderstreping). Zijtakken in vertakte takken worden voorafgegaan door plaatsnummers: het koolstofatoom dat direct aan de stam zit, heeft plaatsnummer 1.  
Enkele vertakte takken hebben een veel gebruikte triviale naam. Zie voorbeeld 7. Voor hun alfabetische rangschikking worden de voorvoegsels 'iso' en 'neo' als een geheel gezien met de alkylnaam. Dus isopropyl vóór methyl. Dit geldt niet voor de voorvoegsels 'sec-' en 'tert-'. Dus tert-butyl vóór ethyl.
- 3 ► Wanneer een molecuul drie of meer -COOH groepen, -COO- groepen of -CN groepen heeft, of wanneer deze groepen zich bevinden aan een ringsysteem, dan worden de achtervoegsels -carbonzuur, -carboxylaat en -carbonitril gebruikt, waarbij C-atomen in deze karakteristieke groepen niet meer meegeteld worden in de stamnaam. Zie voorbeeld 6.
- 4 ► Aminen met eenvoudige alkylgroepen kunnen ook beschouwd worden als derivaten van ammoniak, bijv.  $N(C_2H_5)_3$ : triethylamine in plaats van N,N-diethylethaanamine.
- 5 ► Een volledig overzicht is te vinden in: *Gids voor de IUPAC-nomenclatuur van organische verbindingen*, uitgegeven door de KNCV en de KVCV, 2010.

### Voorbeelden

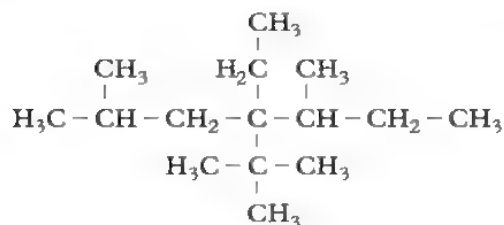
#### 1 4-amino-2-ethyl-3-fluor-3-methylpentaanzuur

substituenten { takken: methyl, ethyl  
 karakteristieke groepen: { voorvoegsels: amino, fluor  
 achtervoegsel (hoogste prioriteit): zuur

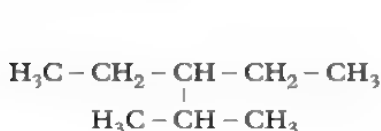
stam + uitgang: pentaan



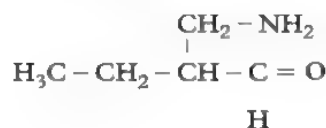
#### 2 4-(1,1-dimethylethyl)-4-ethyl-2,5-dimethylheptaan [4-tert-butyl-4-ethyl-2,5-dimethylheptaan]



#### 3 3-ethyl-2-methylpentaan en niet: 3-(1-methylethyl)pentaan



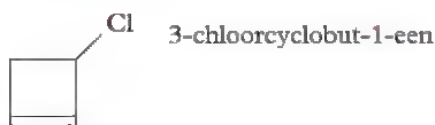
#### 3-amino-2-ethylpropanal en niet: 2-(1-aminomethyl)butanal



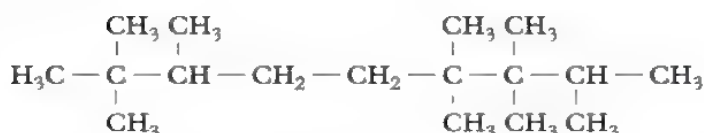
4 hex-2-een-4-yn

hex-5-een-3-yn-2-ol

4-hydroxybutaan-2-on



4a


2,2,3,6,6,7,7,8-octamethylnonaan (het eerste verschil in plaatsnummers:  $2 < 3$ )

En niet: 2,3,3,4,4,7,8,8-octamethylnonaan (kleinere som)

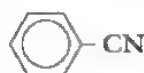
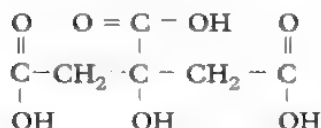
5 1,3,5-trioxacyclohexaan

azabenzeen (pyridine)



6 2-hydroxypropaan-1,2,3-tricarbonzuur

benzeencarbonitril



7 voorbeelden van vertakte takken

structuur	systematische naam	triviale naam
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \end{array}$	(2-methylpropyl)	isobutyl; iso = methyltak op een na laatste plaats
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \end{array}$	(1-methylethyl)	isopropyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \end{array}$	(1-methylpropyl)	sec-butyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	(1,1-dimethylethyl)	tert-butyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	(2,2-dimethylpropyl)	neopentyl

<i>thermoplasten (harsen, lijmen)</i>	ISO-code
aldehyd harsen	PE, MF, UF
alkydharsen	
caseïneformaldehyde/kunsthoorn	CF
diallylftalaat	DAP
eboniet (hoge vulkanisatie)	
epoxyharsen	EP
fenolformaldehyde <sup>1</sup>	PF
melanineformaldehyde	MF
methaan dicyanidiisocyanaat	MDI
onverzadigde polyester	UP/UPPE
polyurethanen	PUR
polyvinylbutyraat	PVB
resorcinolformaldehyde	RF

<i>thermoplasten half-synthetisch <sup>2</sup></i>	ISO-code
carboxymethylcellulose	CMC
cellofaan	
celluloseacetaat	CA
celluloseacetaat-butyraat	CAB
celluloseacetaat-propionaat	CAP
cellulosenitraat (nitrocellulose/ celluloid)	CN
cellulosepropionaat	CP
ethylcellulose	EC
polymelkzuur	PLA
viscose/rayon	
1 <sup>▶</sup> onder andere bakeliet	
2 <sup>▶</sup> macromoleculair skelet door natuur gegeven	

<i>synthetische rubbers</i>	ISO-code
acrylonitril-butadien-styreen-	ABS
butyl-	IIR
chloropreen-/neopreen-	CR
epichloorhydrin-	ECO
etheenpropeen-	EPR
nitrilbutadien-	NBR
polybutadien-	BR
polyetheen-, gesulfochloreerd	CSM
polyisopreen-	IR
polysulfide-	PSR
siliconen-	SI
styreenbutadien-	SBR
thermoplastische -	TPE

<i>geheel synthetisch</i>	ISO-code
cumaron-indeeen	
fenoxies	
ionomeren	bv. EMAC
polyacrylaten	bv. NaPAA
polyacrylonitril	PAN
polyamiden	PA
polybenzimidazolen	PBI
polybut-1-een	PB
polybutadien	PBD
polycarbonaten	PC
polyesters	bv. PET
polyetheen (hoge/lage dichtheid) (HD/LD) PE	
polyfluor(chloor)ethenen	bv. PCTFE
polyimiden	PI

<i>natuurlijke materialen</i>	
asbest	kurk
beenderlijm	leer
chitosan	linnen
gelatine	mastiek
glas	mica
hars	rubber/latex
hennep	schellak
hoorn	sisal
hout/cellulose	stro
ivoor	stijfsel
jute	veren
kapok	wol
katoen	zijde

	ISO-code
polyisobuteen	PIB
polymethylmethacrylaat (perspex/plexiglas)	PMMA
polyoxymethyleen	POM
polyparaxyleen	PPX
polypropreen	PP
polystyreen (en copolymeren)	PS (bv. SAN)
polysulfon	PSO, PSU
polyvinylacetaat	PVAC
polyvinylalcohol	PVAL
polyvinylcarbazol	PVK
polyvinylchloride	PVC
polyvinylideenchloride (fluoride) PVDC (F)	

■ Plastics zijn synthetische macromoleculaire stoffen die door plastische vormgeving hun materiaal functie verkrijgen.

- Thermoharders, vaak ook harsen genoemd, vertonen bij verwarmen geen smeltverschijnselen. Zij hebben dus geen vloeibare fase, maar ontleden bij verwarming door gehele of gedeeltelijke afbraak van het macromoleculair bouwsl. Men rekent ze tot de plastics omdat ze tijdens het vormgevingsproces nog plastisch konden vloeien.
- Elastomeren vertonen elastische eigenschappen.
- Thermoplasten kunnen bij verwarmen boven een bepaalde temperatuur, op reversibele wijze verwerkings- en smeltverschijnselen vertonen.

<i>soort copolymeer</i>	<i>voorbeeld nomenclatuur</i>	<i>voorbeeld structuur</i>
ongespecificeerd	poly (A-co-B)	
alternerend	poly (A-alt-B)	~A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A~
willekeurig (random)	poly (A-ran-B)	~A-A-B-A-B-B-A-A-A-B-B-A-B-B~
statistisch	poly (A-stat-B)	~A-A-B-A-B-B-A-A-A-B-A-A-A~
blok	polyA-blok-polyB	~A-A-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B~
graft	polyA-graft-polyB	<pre> ~A-A-A-A-A-A-A-A-A~                       B   B   B   B   B                       B   B   B   B   B                       B   B   B   B   B                       B   B   B   B   B                       B   B   B   B   B           </pre>

## Naamgeving chemische stoffen

### Enkele regels voor de IUPAC-naamgeving van anorganische entiteiten

In deze tabel wordt de IUPAC-voorkeursbenaming <sup>1</sup> van de stoichiometrische- of samengestelde naam gegeven. Deze naam geeft alleen informatie over de samenstelling van een ion, molecuul of verbinding. Deze naam biedt meestal geen informatie over de structuur. <sup>2</sup>

Numerieke voorvoegsels te gebruiken bij de naamgeving van anorganische verbindingen:

<i>aantal</i>	<i>eenvoudig</i>	<i>complex</i>
1	mono	
2	di	bis
3	tri	tris
4	tetra	tetrakis
5	penta	pentakis
6	hexa	hexakis
7	hepta	heptakis

<i>aantal</i>	<i>eenvoudig</i>	<i>complex</i>
8	octa	octakis
9	nona	nonakis
10	deca	decakis
11	undeca	undecakis
12	dodeca	dodecakis
20	icosa	icosakis

#### Eénatomige entiteiten

- Moleculen bestaand uit één atoomsoort krijgen de elementnaam gecombineerd met het juiste eenvoudige numerieke voorvoegsel.
- Ionen worden benoemd door het toevoegen van de lading tussen haakjes.
- Voor (de meeste) negatieve ionen wordt de benaming 'ide' gebruikt achter de Latijnse naam van het element.

Voorbeelden van namen van éénatomige entiteiten:

<i>formule</i>	<i>naam</i>
O <sub>2</sub>	dizuurstof
S <sub>8</sub>	octazwavel
Na <sup>+</sup>	natrium(1+)
Fe <sup>3+</sup>	ijzer(3+)
H <sup>-</sup>	hydride
D <sup>-</sup>	deuteride
B <sup>3-</sup>	boride
C <sup>4-</sup>	carbide
N <sup>3-</sup>	nitride
N <sub>3</sub> <sup>-</sup>	trinitride(1-) of azide
O <sup>2-</sup>	oxide
O <sub>2</sub>	dioxide(1-)

<i>formule</i>	<i>naam</i>
O <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	dioxide(2-) of peroxide
Na <sup>-</sup>	natride
P <sup>3-</sup>	fosfide
S <sup>2-</sup>	sulfide
Cl <sup>-</sup>	chloride
As <sup>3-</sup>	arsenide
Se <sup>2-</sup>	selenide
Sn	stannide
Sb <sup>3-</sup>	antimonide
I <sub>3</sub>	trijodide(1-)
Pb <sup>-</sup>	plumbide





### Heteropolyatomische entiteiten

- Als eerste worden genoemd de positieve ionen, daarna de negatieve ionen en daarna de neutrale moleculen.
- Voor éénatomige entiteiten die onderdeel zijn van een heteropolyatomische entiteit, wordt het aantal weergegeven op de manier zoals beschreven bij de binaire verbindingen.
- Voor positieve samengestelde ionen wordt het aantal weergegeven met de eenvoudige numerieke voorvoegsels.
- Voor negatieve samengestelde ionen wordt het aantal weergegeven met de complexe numerieke voorvoegsels en de naam van het samengestelde ion tussen haakjes.
- Als in een verbinding ionen van hetzelfde element met verschillende ladingen aanwezig zijn, dan worden deze afzonderlijk benoemd, met de lading tussen haakjes erachter weergegeven.
- Neutrale deeltjes worden van elkaar gescheiden door een kastlijntje (lang, liggend streepje), hierbij wordt de stoichiometrische verhouding van de componenten binnen deze verbinding tussen haakjes na de naam van de verbinding gegeven. In het bijzondere geval van hydraten kan een eenvoudig numeriek voorvoegsel gebruikt worden, samen met de term 'hydraat'.

Voorbeelden van namen van heteropolyatomische entiteiten:

formule	naam
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	tricalciumbis(sulfaat)
$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$	calciumdifosfaat
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	magnesiumsulfaat–water (1/7) of magnesiumsulfaatheptahydraat
$\text{CdSO}_4 \cdot 6\text{NH}_3$	cadmiumsulfaat–ammoniak (1/6)
$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	aluminiumkaliumbis(sulfaat)–water (1/12) of aluminiumkaliumbis(sulfaat)dodecahydraat
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	dialuminiumtris(sulfaat), dikaliumsulfaat–water (1 : 1 : 24)

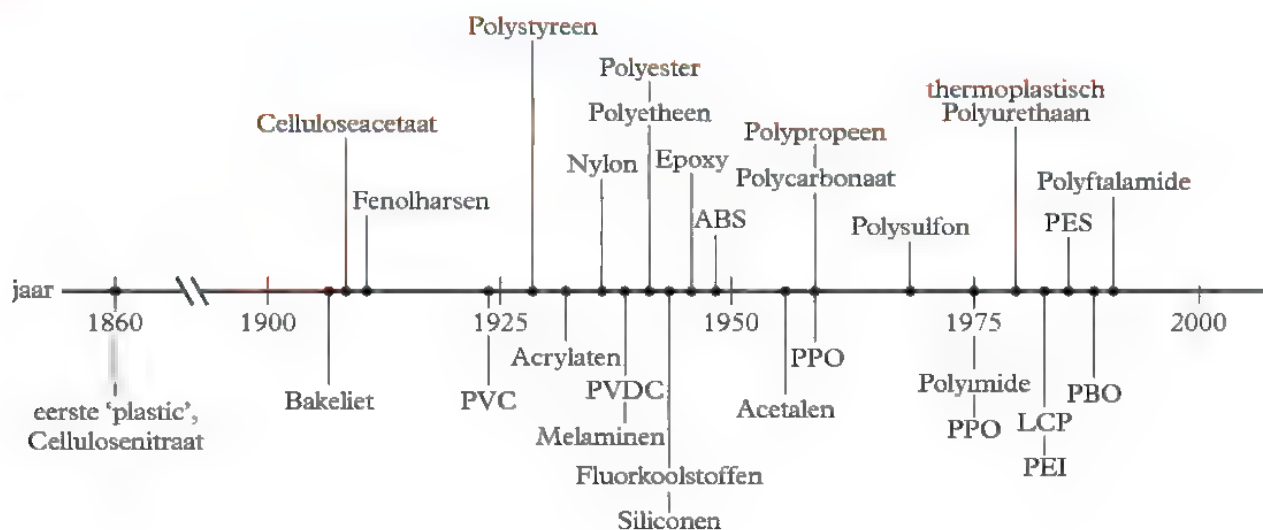
### Algemene regels met betrekking tot het gebruik van koppeltekens

- Als er twee gelijke klinkers achter elkaar geplaatst worden die bij een verschillend naamonderdeel horen, dan komt er een koppelteken tussen de klinkers (mono-oxide).
- Ook **mag** ter verduidelijking een koppelteken geplaatst worden tussen twee klinkers die bij een verschillend naamonderdeel horen (penta-oxide, di-ijzer).

1 ► Er zijn echter ook algemeen aanvaarde alternatieven die ook gebruikt mogen worden. Een aantal voorbeelden:

- ijzer(III)chloride in plaats van ijzertrichloride;
- natriumcarbonaat in plaats van dinatriumcarbonaat.

2 ► Een vollediger overzicht is te vinden in: *Beknopte handleiding voor de nomenclatuur van de Anorganische Chemie*, uitgegeven door de KNCV en de KVCV, 2017.



### Indeling

indeling polymeren naar:

#### I keten/molecuulstructuur

lineair



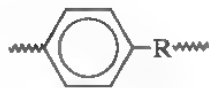
netwerk



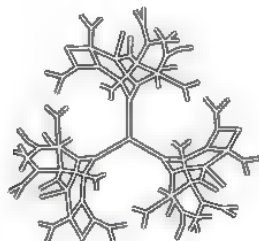
vertakt



cyclolineair



dendrimeer



ster



ladder



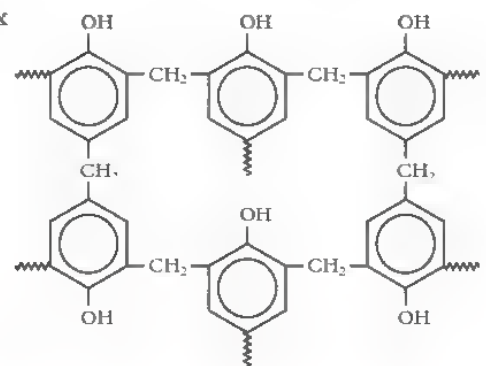
semi-ladder



kam



cyclomatrix  
(bakeliet)



#### II thermisch gedrag

thermoplast: plastisch, oplosbaar

thermoharder: hard, lost niet op, zwelt niet op

elastomeer, rubber: elastisch, lost niet op, kan opzwellen

#### III polymerisatiemechanismen

stapgroei (condensatie)

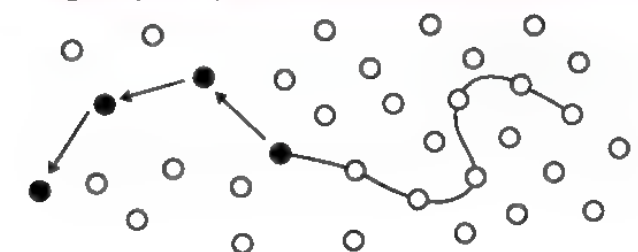
synthetisch: polyester, polyamide



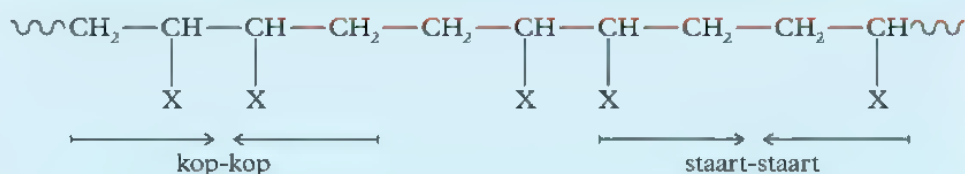
ketengroei (additie)

natuurlijk: rubber (polyisopreen)

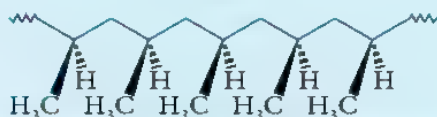
synthetisch: PS, PVC, PMMA



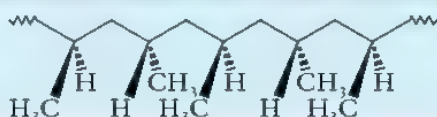
# IV tacticiteit, ruimtelijke ordening



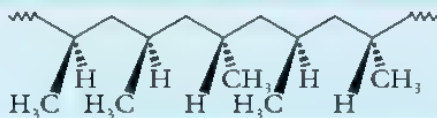
isotactisch (PP)



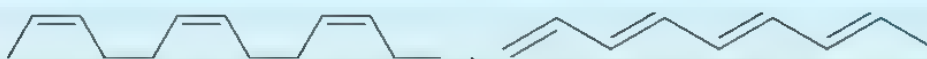
syndiotactisch



atactisch



cis-, trans-tactisch



## V aantal eenheden in keten

homopolymeer	~A-A-A-A-A-A-A-A-A-A~ alternerend: ~A-B-A-B-A-B-A-B-A~
copolymeer	willekeurig: ~A-A-B-A-B-B-A-A-A~ statistisch: ~A-A-B-A-B-B-A-A-A-B-A~
terpolymeer	uit 3 monomeersoorten

## VI verschillende blokcopolymeren

lineair

afwisseling van blokken A en B	[-AB-]-type	~A-A-A-B-B-B-B-A-A-A-B-B-B~
één blok van elk monomeer	AB-type	~A-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B~
centraal blok B met kop-staartblok A	ABA-type	~A-A-A-B-B-B-B-B-B-B-A-A~
drie verschillende blokken achter elkaar	ABC-type	~A-A-A-A-B-B-B-B-B-C-C-C~

niet lineair

ent-(graft-)copolymeer	polyA-graft-polyB	$\begin{array}{ccccccc} \sim & \text{A} & - & \text{A} & - & \text{A} & - & \text{A} & - & \text{A} & - & \text{A} & - & \text{A} & - & \text{A} & - & \text{A} & \sim \\ &   & & & &   & & & &   & & & &   & & & &   & \\ & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & \\ &   & & & &   & & & &   & & & &   & & & &   & \\ & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & \\ &   & & & &   & & & &   & & & &   & & & &   & \\ & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & \\ &   & & & &   & & & &   & & & &   & & & &   & \\ & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & & & & \text{B} & \end{array}$
------------------------	-------------------	---

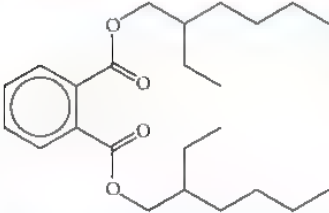
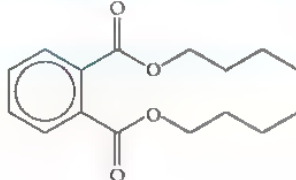
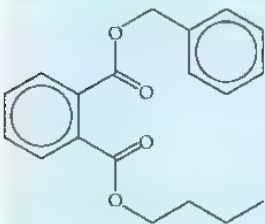
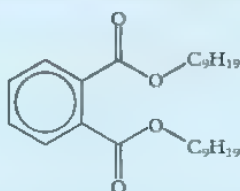
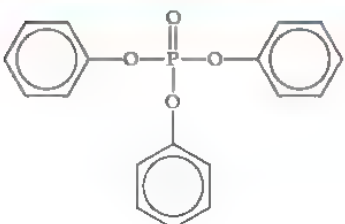
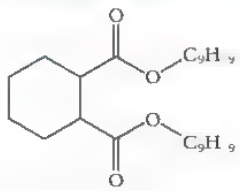


### Additieven

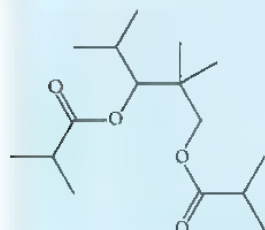
<i>additieven</i>	<i>doel</i>	<i>additieven</i>	<i>doel</i>
kleurstoffen	uiterlijk	vezels	treksterkte
stabilisatoren	houdbaarheid	emulgatoren	structuur, homogeniteit
antioxidantia		dispergeermiddelen	
brandvertragers	brandveiligheid	weekmakers	structuur, viscositeit
vlamvertragers		verdikkingsmiddelen	
blaasmiddelen	structuur, schuim	vulstoffen	structuur, maar ook houdbaarheid, warmtegeleiding
antistatica	geen statische lading		

■ Additieven dienen ter verbetering van de materiaaleigenschappen.

### Weekmakers

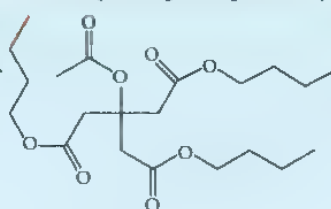
<i>naam/structuur</i>	<i>toepassing/ bijzonderheden</i>	<i>naam/structuur</i>	<i>toepassing/ bijzonderheden</i>
<b>ftalaten</b>			
DEHP <sup>1,3</sup> (bis(2-ethylhexyl)ftalaat) 	Breed inzetbaar. o.a. In medische toepassingen. Bijvoorbeeld bloedzakken.	DBP <sup>1</sup> (dibutylftalaat) 	Breed inzetbaar. Verder in o.a. kleefstoffen, verf en drukinkten.
BBP <sup>1</sup> (benzylbutylftalaat) 	'Fast fusing' weekmaker (er ontstaat snel een uitgeharde film), o.a. in vloerbedekking.	DINP <sup>2</sup> (bis(isononyl)ftalaat) 	Breed inzetbaar. Komt voor als een mengsel van isomeren. Voornamelijk bis(3,3,5-trimethyl-hexyl)ftalaat en bis(2,6-dimethylheptyl)ftalaat
<b>alternatieve weekmakers</b>			
TPP <sup>2</sup> (trifenylfosfaat) 	Vlamvertragend. Wordt o.a. gebruikt in elektriciteitskabels.	DINCH (bis(isononyl)cyclo-hexaan-1,2-dicarboxylaat) 	O.a. gebruikt in speelgoed en intraveneuze buisjes, voedingscontactmaterialen. Wordt bereid uit DINP.

TXIB (1-isopropyl-2,2-dimethyltrimethyleen bis(isobutyraat))



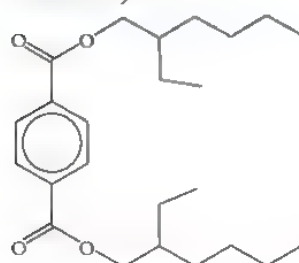
Wordt gebruikt in producten met een zacht oppervlak, zoals PVC-leer. Goede stabiliteit bij warmte en UV-licht.

TBAC (tributylacetylacrylaat)



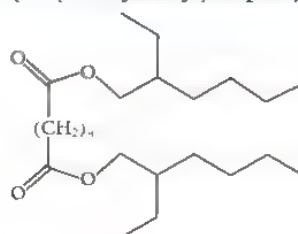
O.a. gebruikt in voedings-contactmaterialen, (sabbel) speelgoed en lijmen.

DEHT (bis(2-ethylhexyl) tereftalaat) ▶<sup>1</sup>



Breed inzetbaar. Ook toegepast in rubbers.

DEHA ▶<sup>4</sup>  
(bis(2-ethylhexyl)adipaat)



O.a. in folie, speelgoed.

- 1 ▶ Mogen niet worden gebruikt als stoffen of bestanddelen van preparaten gehalten bevatten hoger dan in totaal 0,1 massa% van het weeggemaakte materiaal in speelgoed en kinderverzorgingsartikelen.
- 2 ▶ Mogen niet worden gebruikt als stoffen of bestanddelen van preparaten gehalten bevatten hoger dan in totaal 0,1 massa% van het weeggemaakte materiaal in speelgoed en kinderverzorgingsartikelen, die door kinderen in de mond genomen kunnen worden.
- 3 ▶ ook bekend onder de naam DOP (dioctylftalaat)
- 4 ▶ De 'D' is afgeleid van D 'di-'. In de nieuwe nomenclatuur is di vervangen door bis.

### smart materials ▶<sup>1</sup>

piëzo-elektrisch  
lood-zirkonaat-titanaat, PZT

### externe invloed

druk

### toepassing

spraakmonitors in printers, luidsprekertje in digitale horloges, elektrische gasaanstokers, nevelapparaten

geheugenmetaal  
Nitinol®

temperatuur

geneeskunde: rechte trekken ruggengraat, vaatverwijding (stents)  
tandheelkunde: constante druktoefening  
transistoren, antistatische coatings

geleidende polymeren  
trans-polypropyn

elektrisch veld

demping: in schokbrekers, bij aardbevingen

ER/MR ▶<sup>2</sup> vloeistoffen  
olie met kleine magnetische deeltjes

elektrisch, magnetisch veld

kleurveranderend  
halfgeleider van metalen met additieven

licht

in verf, inkt, glas

lichtemitterend  
oled

licht, warmte, chemische energie

LED's, forensische chemie, lichtstaven

- 1 ▶ materialen waarvan een of meer eigenschappen op gecontroleerde wijze veranderen door externe invloeden. Deze invloeden kunnen zich voordoen in de vorm van belasting, temperatuur, vochtigheid, zuurgraad (pH), elektrische of magnetische velden. In tegenstelling tot materialen in "gewone" toepassingen, is de verandering bij slimme materialen juist gewenst. De verandering vindt plaats op het moment dat het materiaal zich al in zijn toepassing bevindt. Afhankelijk van het soort slim materiaal is het proces reversibel (omkeerbaar) of irreversibel (onomkeerbaar).
- 2 ▶ elektro-/magnetorheologisch

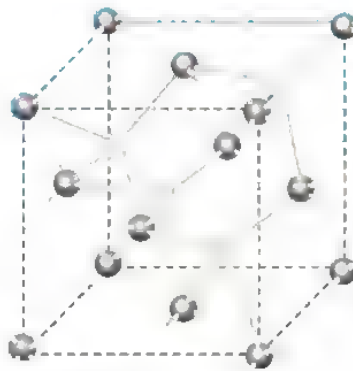
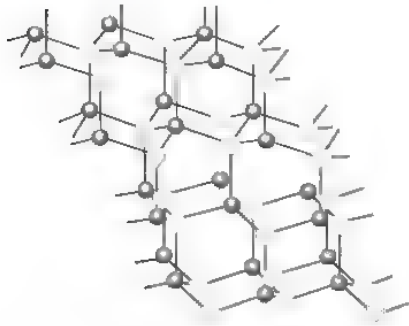
andere nieuwe materialen	toelichting	toepassing
composieten	samengestelde materialen, vaak vezelversterkte kunststoffen: bestaan uit vezel en matrix. <i>glare</i> : laagjes aluminium met glasvezelweefsel en kunsthars <i>spaanplaat</i> : zaagsel, hout en kunsthars	glasvezelkabel, vliegtuigbouw, bouw
vezels	bestaan uit lange polymeerstrengen glasvezel wordt getrokken uit gesmolten glas (siliciumdioxide) koolstofvezel door verkolen van een draad PAN of dralon	glasvezelkabel polsstok, tennisracket, racefiets, ski, hengel
	aromatische polyamides, aramide <i>Kevlar®/Twaron®</i> ultrahoogmoleculair polyetheen <i>Dyneema®/Spectra®</i>	beschermende kleding, gewichtsbesparing, asbestvervanging, rubberversterking scheepstouwen
biocompatibele materialen	liquid cristall polymer, LCP: <i>Vectran®</i>	kunststof spaken, duurdere banden
bioafbreekbare materialen	compatibel met organismen <i>titaan, polyethyleen, bioglas, hydroxyapatiet</i> in korte tijd door bacteriën afbreekbaar tot natuurlijke stoffen direct uit biomassa <i>polysachariden</i> chemische synthese uit melkzuur <i>biopolyesters</i> door bacteriën uit biomassa <i>polyhydroxyalkanoaten</i>	implantaten vervanger voor PE (plastic folie, tassen) en PP (wegwerpbestek) vervanger voor PE (wegwerpbordjes) en PS (vleesbakjes, hamburgerdoosjes) vervanger voor PP (tapijt)
zachte materialen	vloeibare kristallen/colloïden/gels <i>latexverf, gelatine, zalf</i>	LCD-schermen, technisch keramiek, informatiedragers, haargel, dermaticum
nanomaterialen	morfologische kenmerken op nanoschaal: <i>nanobuisjes, buckeyballs</i>	smeermiddel, medicijnen, elektrotechniek, computer

## Hardheidsschaal v

hardheid Mohs	hardheid absoluut (Vickers)	mineraal	molecuulformule	krasinformatie
1	1	talk	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	met elk van de andere krasbaar
2	2	gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	krasbaar met een vingernagel
3	9	calciet	$\text{CaCO}_3$	met een mes zeer goed snijdbaar
4	21	fluoriet	$\text{CaF}_2$	met een mes krasbaar
5	48	apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$	met een mes enigszins krasbaar
6	72	orthoklaas	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	met een mes nauwelijks krasbaar
7	100	kwarts	$\text{SiO}_2$	krast glas, staal en meeste andere stoffen
8	200	topaas	$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH}, \text{F})_2$	krast kwarts
9	400	korund	$\text{Al}_2\text{O}_3$	krast topaas
10	1600	diamant	C	kan enkel gekrast worden met diamant

## naam/structuur

siliciumcarbide (SiC)

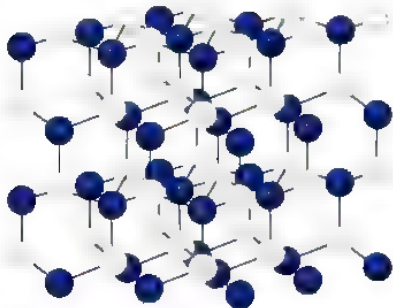


eenheidscel

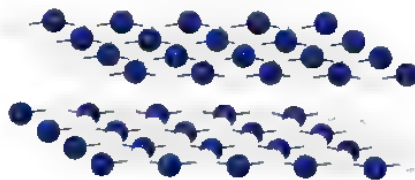
## toepassingen/bijzonderheden

wordt o.a. gebruikt voor slijpen,  
polijsten, bepantsering, kogel-  
werende vesten, keramische  
remschijven;  
halfgeleider  
(er bestaan 125 kristallijne vormen  
van)

## boornitride (BN)



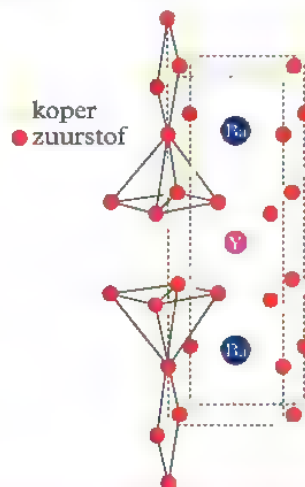
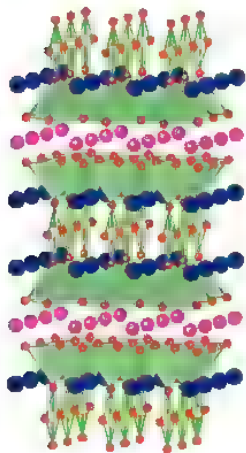
kubisch



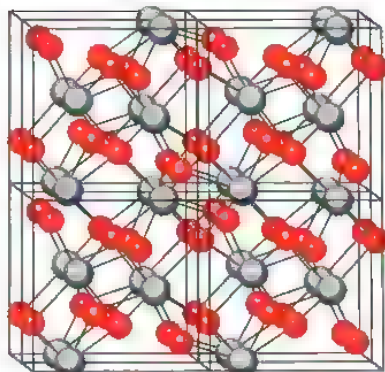
hexagonaal gelaagd

kubisch: zeer hard  
wordt o.a. gebruikt als slijp- en  
boormiddel

hexagonaal gelaagd:  
halfgeleider, goede geleiding van  
warmte;  
wordt o.a. gebruikt als smeermiddel,  
in cosmetica,  
om metalen in te smelten

yttrium-barium-koperoxide (YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>)


supergeleider

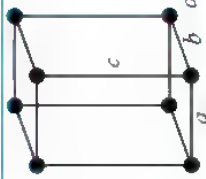
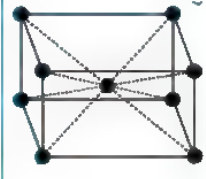

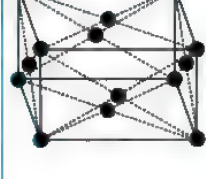
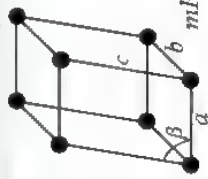

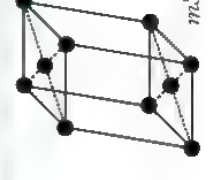
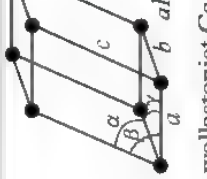
zirkonium(IV)oxide (ZrO<sub>2</sub>)


wordt o.a. gebruikt bij het  
vervaardigen van bruggen en kronen  
in de tandheelkunde;  
materiaaleigenschappen komen dicht  
bij die van diamant



vervolg ▶

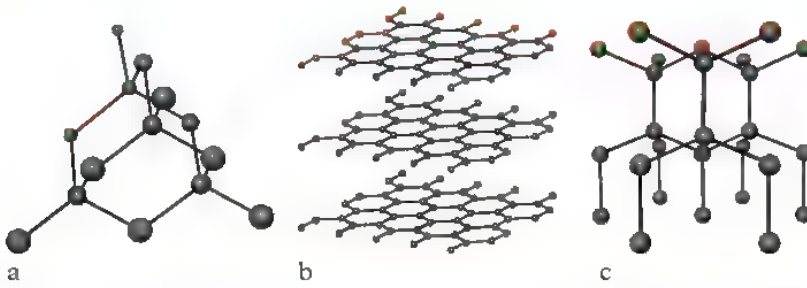


kristalrooster → eenheidsel +	primitief (eenvoudig) P	lichaamsgecentreerd I	grondvlakgecentreerd S	vlakgecentreerd F
orthorombisch o	 andalusiet $\text{Al}_2\text{SiO}_5$	 dawsoniet $\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$	 ferruciet $\text{NaBF}_4$	 melanotalliet $\text{Cu}_2\text{OCl}_2$
22% monoklien m	 zwavel S	 glauber $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	 wollastoniet $\text{CaSiO}_3$	
32% triklien a				
7%				

# Structuurformules en structuren

## Allotropie bij koolstof

### netwerkstructuren



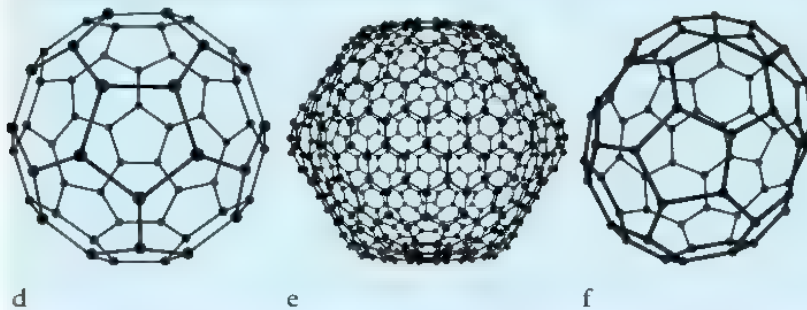
a diamant (kubisch)

b grafiet (gelaagd)

c lonsdaleiet (hexagonaal)

*stijpen sieraden, sleepcontacten, moderator in kernreactor, meteoriet*

### moleculaire (nano) structuren: fullerenen



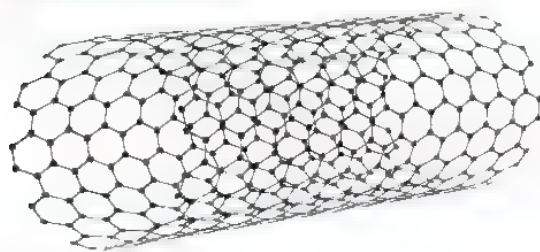
d  $C_{60}$

e  $C_{540}$

f  $C_{70}$

*farmacie, opsluiten atomen, supergeleiding*

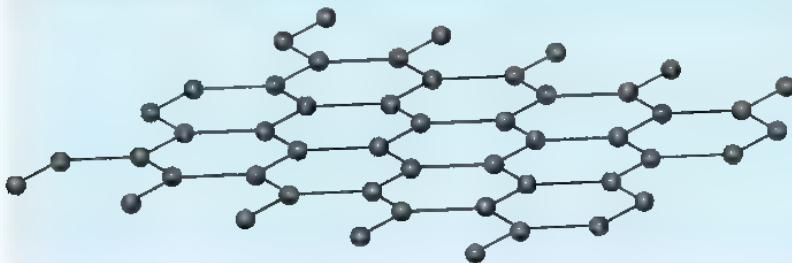
### macromoleculaire structuur: nanobuisjes



variabele lengte en diameter

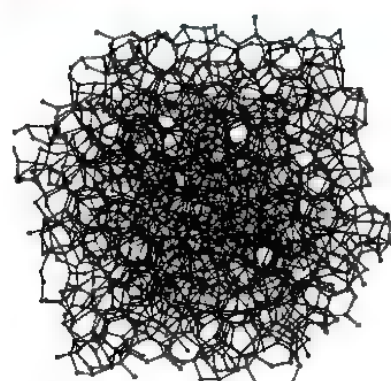
*AF-microscopie, sensoren, waterstofopslag, zonnecel, supersterke materialen, nanolager, bactericide*

### monolaag: grafeen



quantumeigenschappen: *DNA-analyse, computerchips*

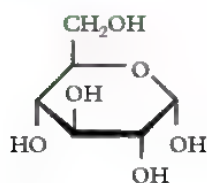
### amorf



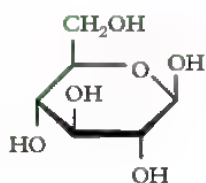
houtskool, steenkool

*cokes, roet*

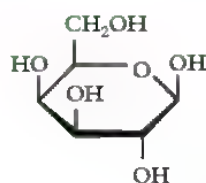
*'nieuwe koolstof' die in elke richting enorme druk kan doorstaan  
technische aambeelden (i.p.v. technisch  
diamant)*



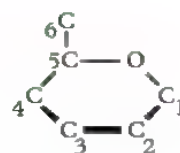
D-glucose  
( $\alpha$ -cycloformule)  
(druivensuiker)



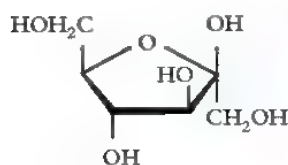
D-glucose  
( $\beta$ -cycloformule)  
(druivensuiker)



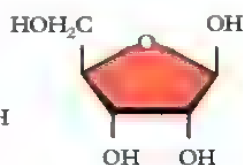
D-galactose  
( $\beta$ -cycloformule)



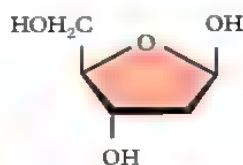
nummering  
C-atomen



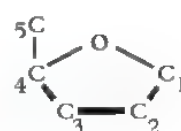
D-fructose  
( $\beta$ -cycloformule)  
(vruchtensuiker)



D-ribose<sup>1</sup>  
( $\beta$ -cycloformule)

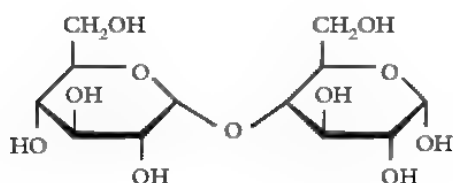


D-2-deoxyribose<sup>1</sup>  
( $\beta$ -cycloformule)

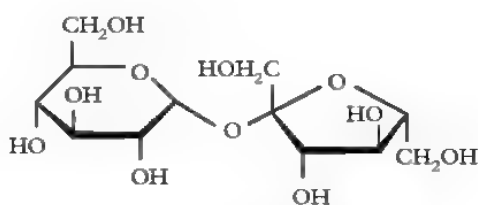


nummering  
C-atomen  
ribose en deoxyribose

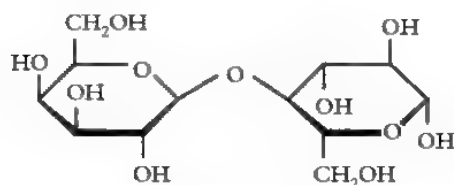
1 ► Betekenis kleur: zie tabel 71C.



maltose (moutsuiker)



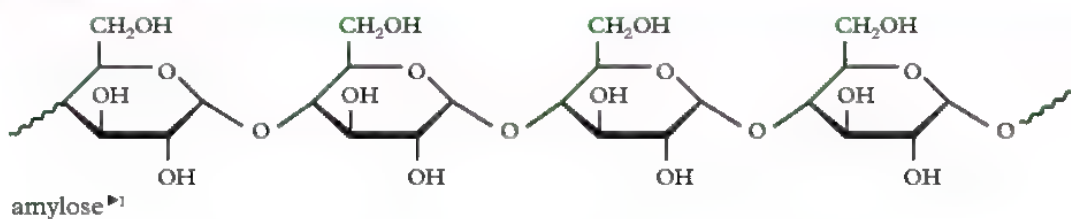
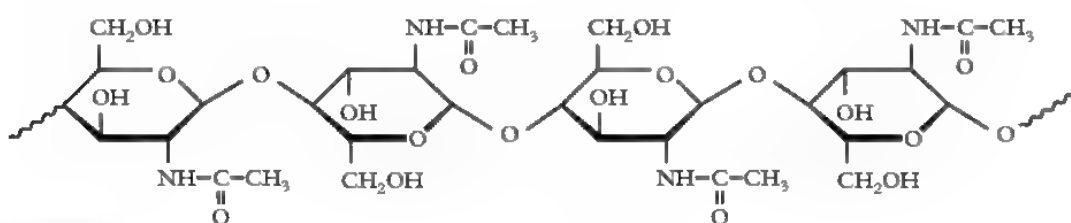
sacharose (bietsuiker, rietsuiker)



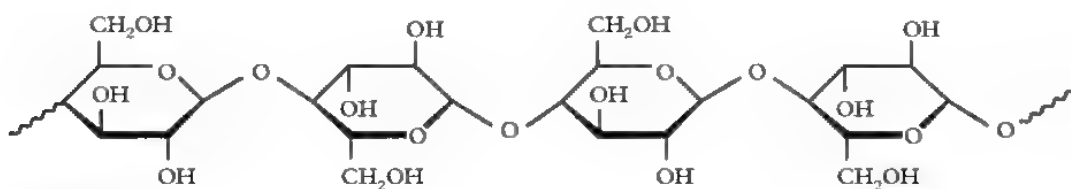
lactose (melksuiker)

■ Mono- en disachariden worden vaak aangeduid als suikers.

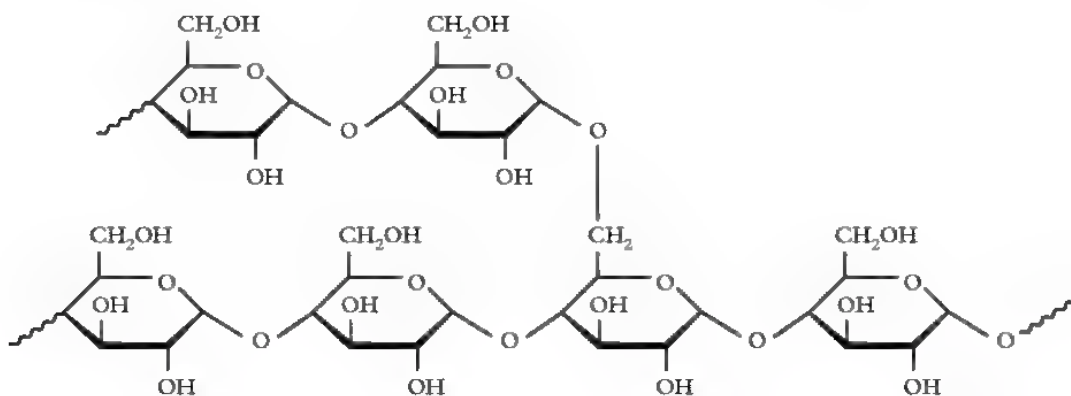
## Polysachariden

amylose ▶<sup>1</sup>

chitine



cellulose



**glycogeen: sterk vertakte keten**

amylopectine: zwak vertakte keten

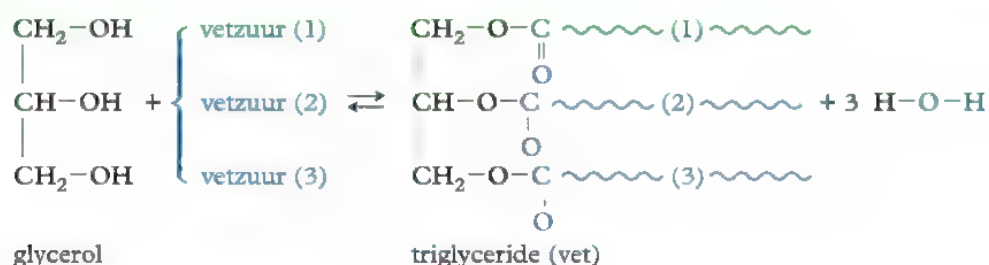
■ Veel sachariden voldoen aan de algemene formule  $C_n(H_2O)_m$ ; de sachariden worden daarom vaak aangeduid als koolhydraten.

1 ► Zetmeel bestaat uit amylose en amylopectine.

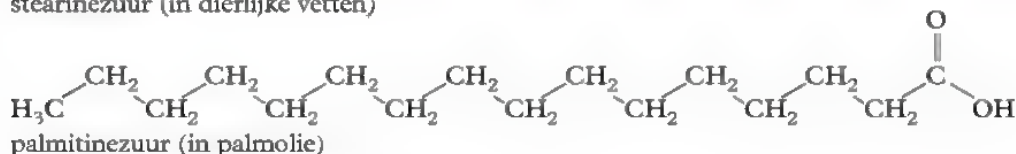
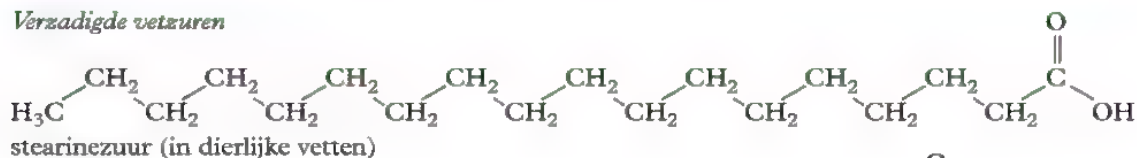
## Vetten, vetzuren en fosfolipiden

## 1

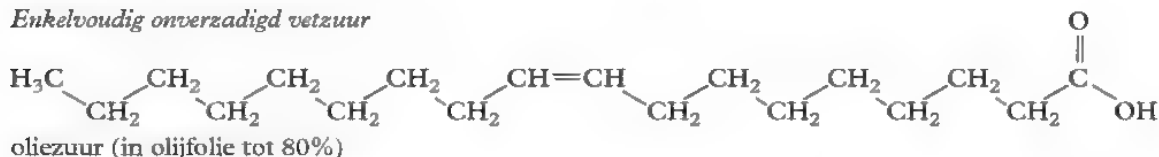
## Vetten



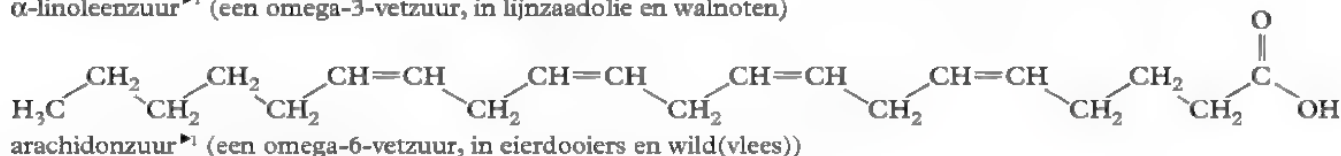
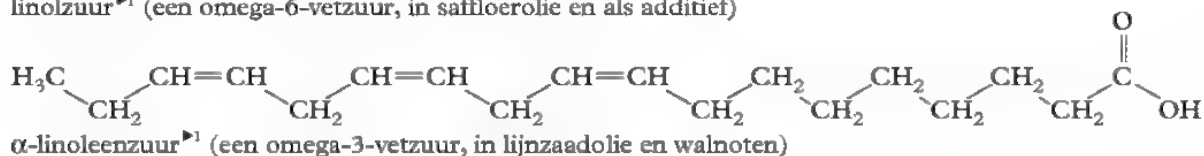
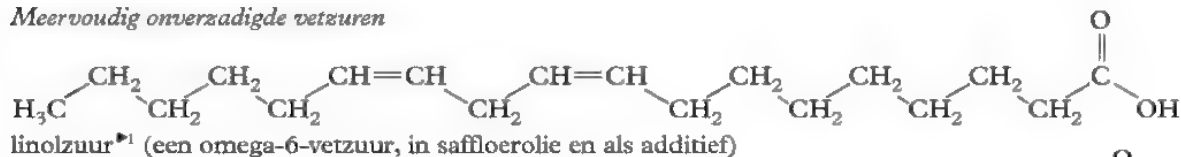
#### Verzadigde vetzuren



#### Enkelvoudig onverzadigd vetzuur



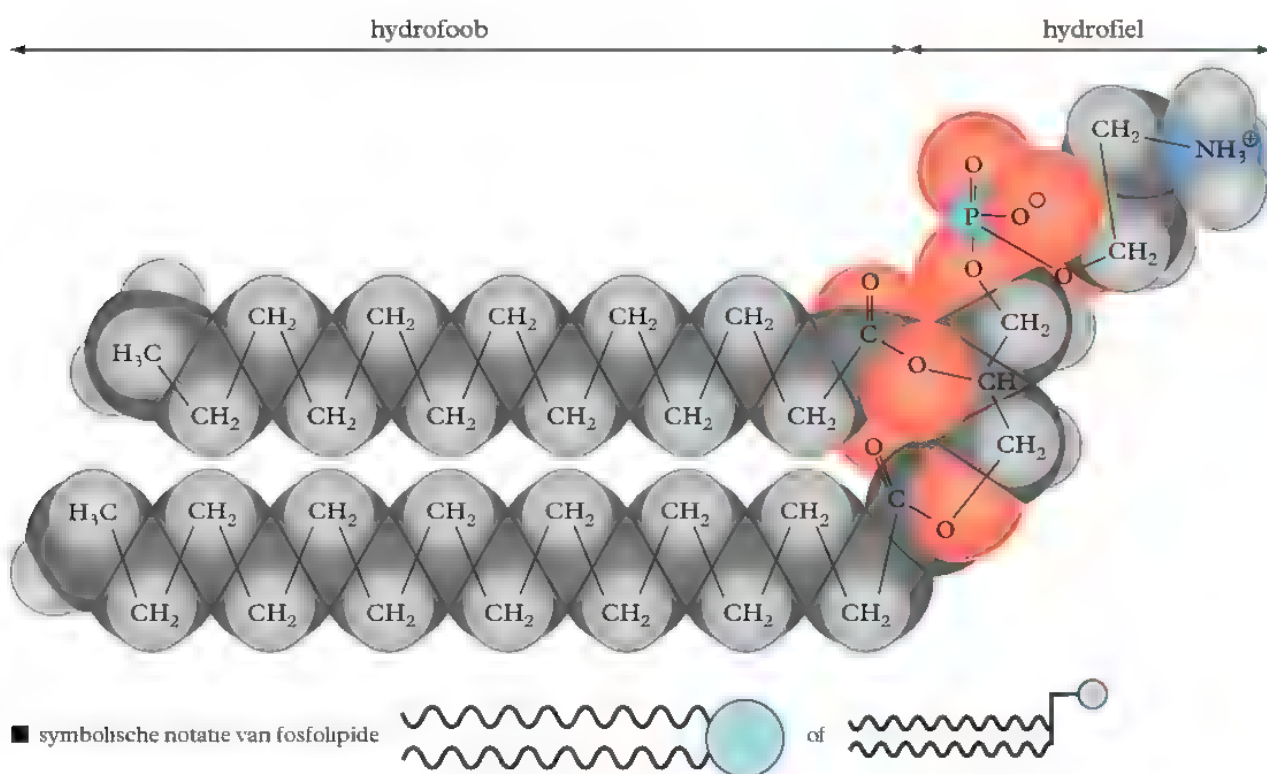
#### Meervoudig onverzadigde vetzuren



1 ► essentieel vetzuur

### Fosfolipiden

## 3



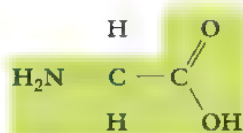


## Aminozuren en eiwitten

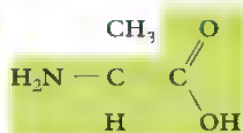
1

### Aminozuren van eiwitten<sup>1</sup>

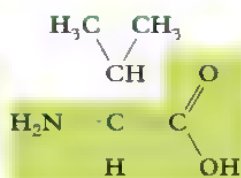
#### alifatische aminozuren



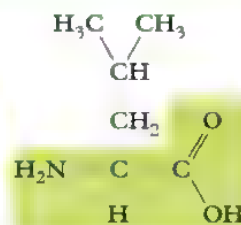
glycine (Gly) G 6,06  
▶<sup>1</sup>



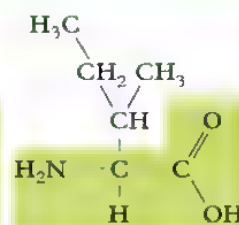
alanine (Ala) A 6,11



valine (Val) V 6,00  
▶<sup>2</sup>

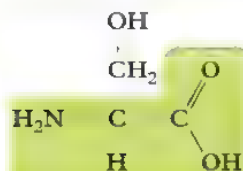


leucine (Leu) L 6,04  
▶<sup>2</sup>

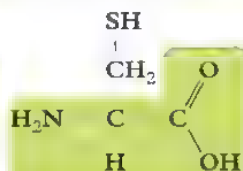


isoleucine (Ile) I 6,04  
▶<sup>2</sup>

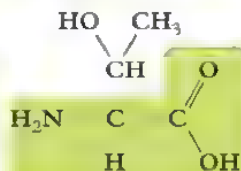
#### aminozuren met hydroxyl- of zwavelhoudende zijketen



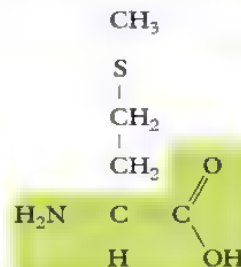
serine (Ser) S 5,68



cysteïne (Cys) C 5,02

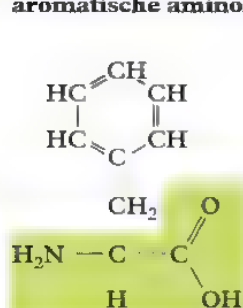


threonine (Thr) T 5,60

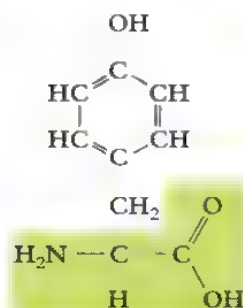


methionine (Met) M 5,74  
▶<sup>2</sup>

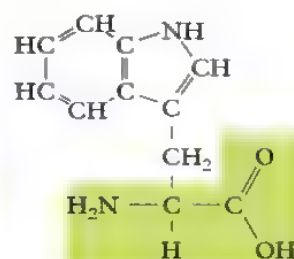
#### aromatische aminozuren



fenylalanine (Phe) F 5,91  
▶<sup>2</sup>

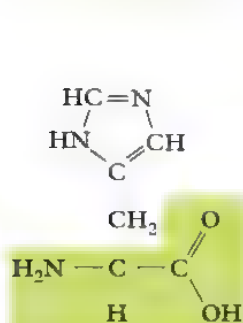


tyrosine (Tyr) Y 5,63

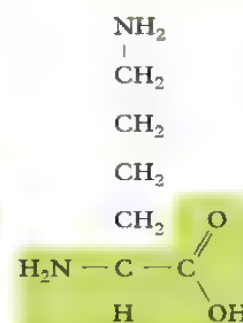


tryptofaan (Trp) W 5,88  
▶<sup>2</sup>

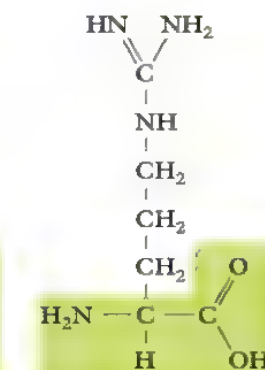
#### basische aminozuren



histidine (His) H 7,64

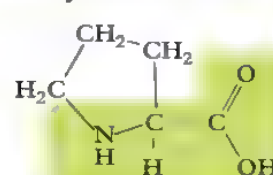


lysine (Lys) K 9,47  
▶<sup>2</sup>



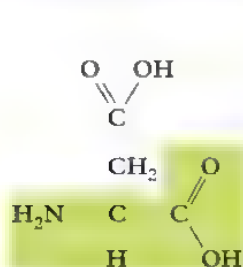
arginine (Arg) R 10,76

#### cyclisch aminozuur

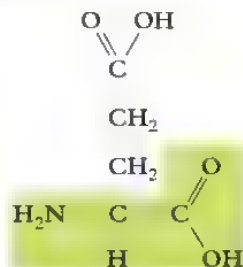


proline (Pro) P 6,30

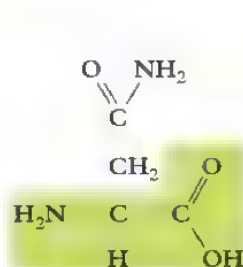
#### zure aminozuren en hun amides



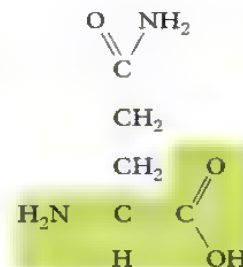
asparaginezuur (Asp) D 2,98



glutaminezuur (Glu) E 3,08



asparagine (Asn) N 5,41

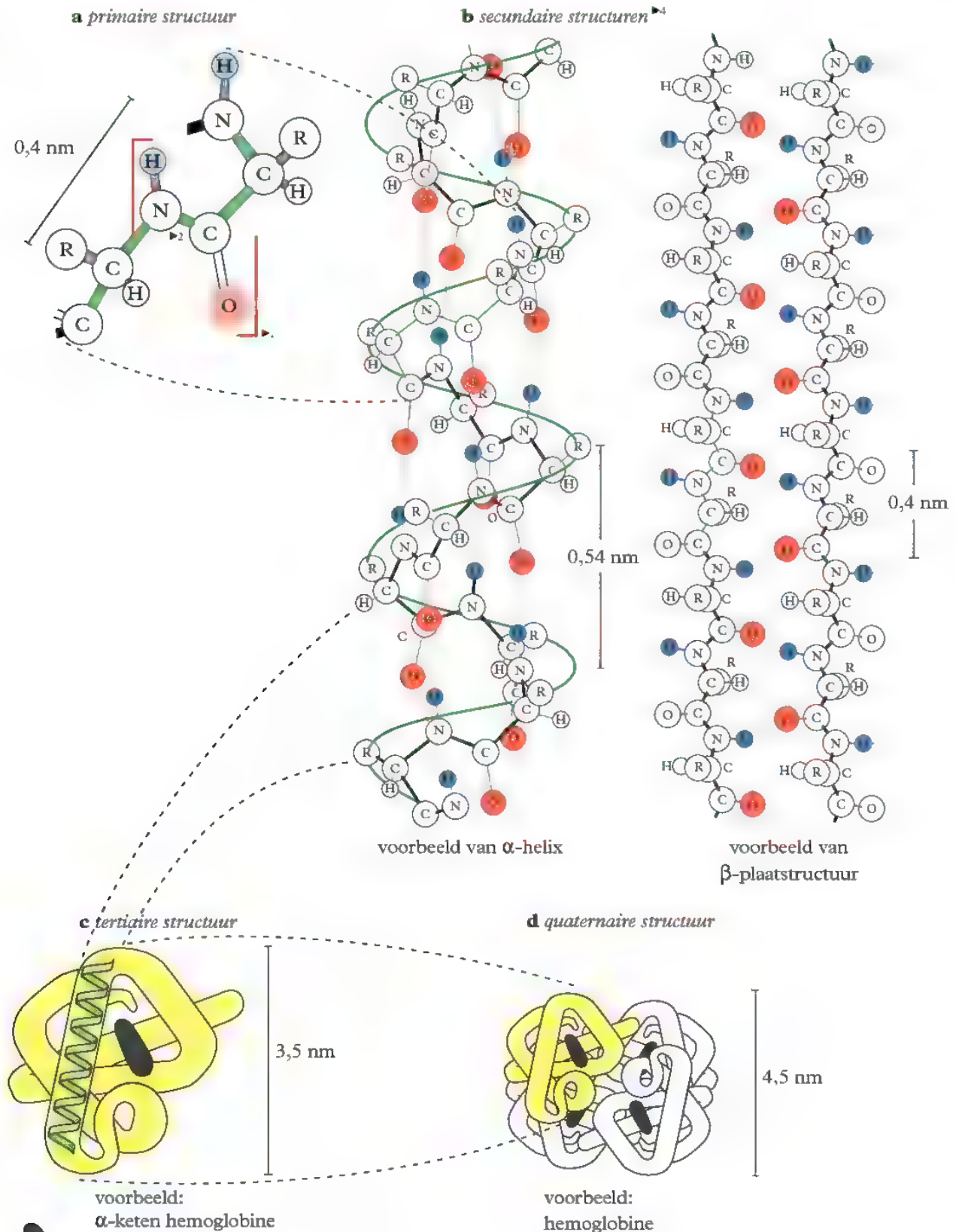


glutamine (Gln) Q 5,65

■ Bijbehorende codons in het mRNA; zie tabel 71G.

1 ▶ naam, (3-lettersymbool), 1-lettersymbool, isoëlektrisch punt pI

2 ▶ voor mensen essentieel

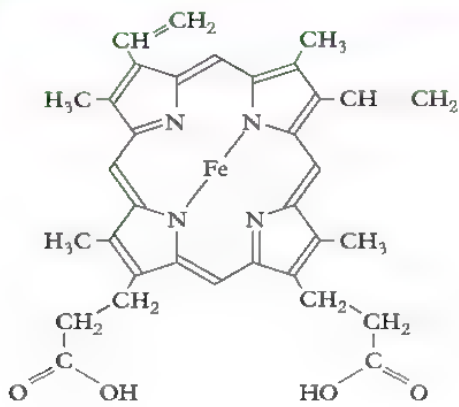


1 ► De atoomgroep tussen de haken **1** is de peptidegroep.

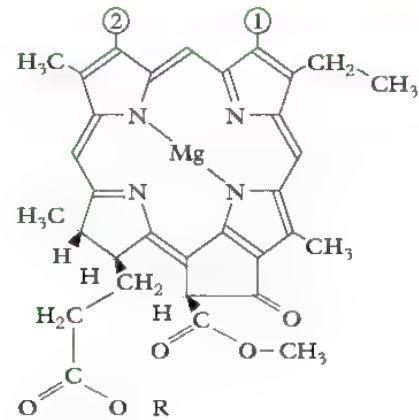
2 ► peptidebinding

3 ► Heem: zie tabel 67L.

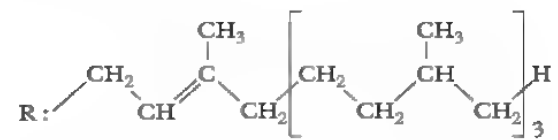
4 ► Plaatstructuur kan uit meer ketens bestaan.



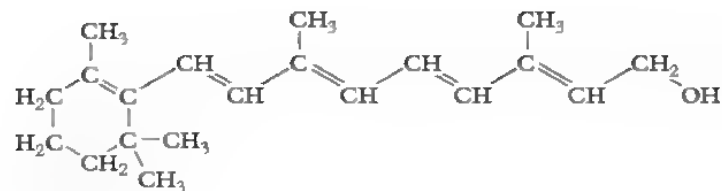
heem



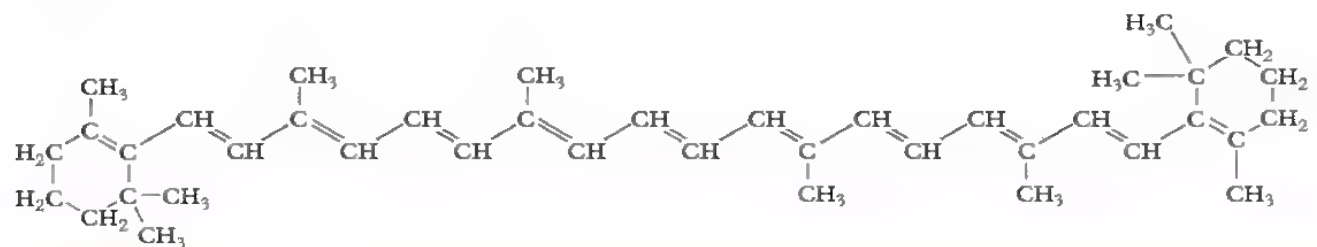
chlorofyl



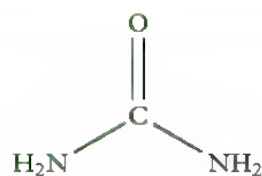
- ① -CH<sub>3</sub> bij chlorofyl-a en -d
- CHO bij chlorofyl-b
- ② -CH = CH<sub>2</sub> bij chlorofyl-a en -b
- CHO bij chlorofyl-d



vitamine A



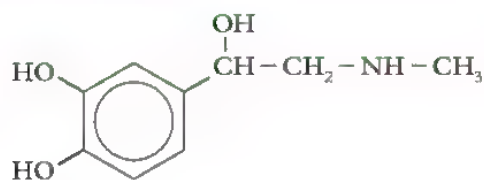
β-caroteen



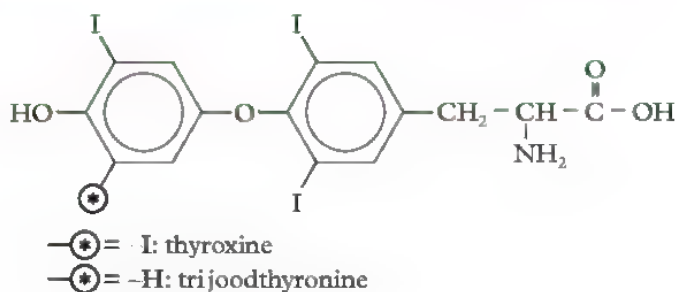


## Derivaten van tyrosine

1

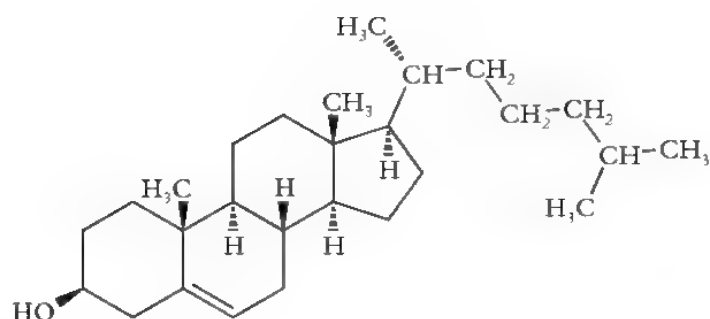
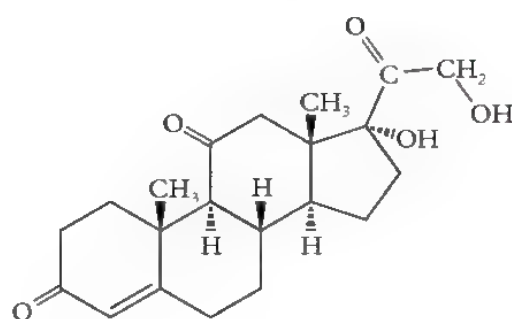
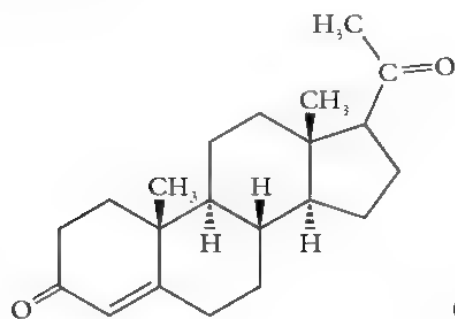
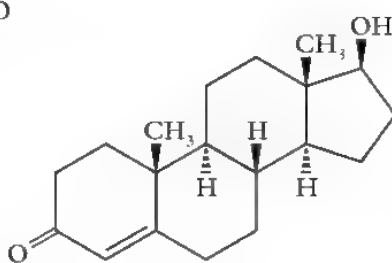
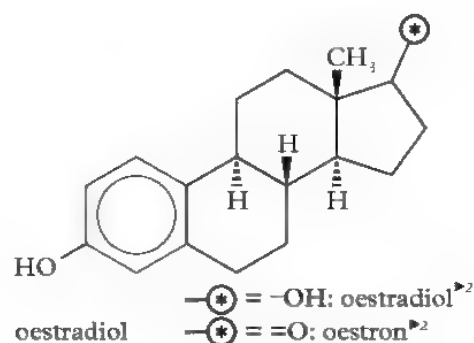


adrenaline, epinefrine



## Steroïden

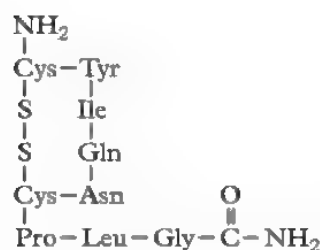
2

cholesterol<sup>1</sup>cortison<sup>2</sup>progesteron<sup>2</sup>testosteron<sup>2</sup>

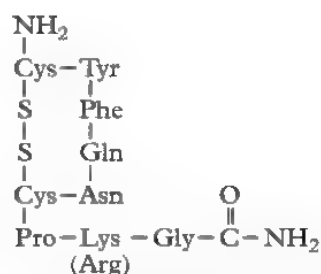
oestradiol

## Peptidehormonen

3



oxytocine



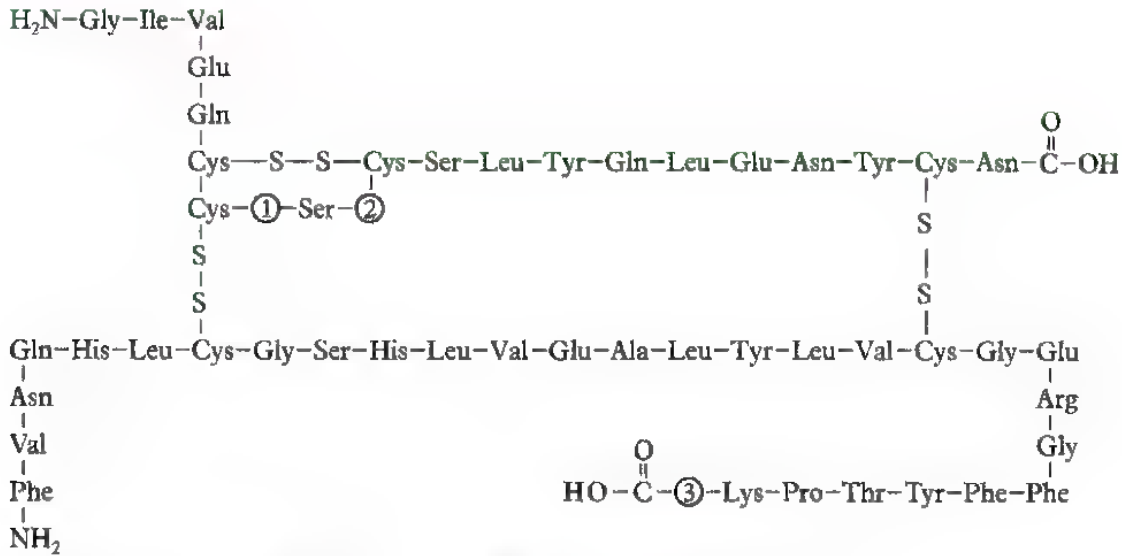
antidiuretisch hormoon (vasopressine)

■ Voor werking van de hormonen: zie tabel 89A.

1 ► uitgangsstof voor steroïdhormonen

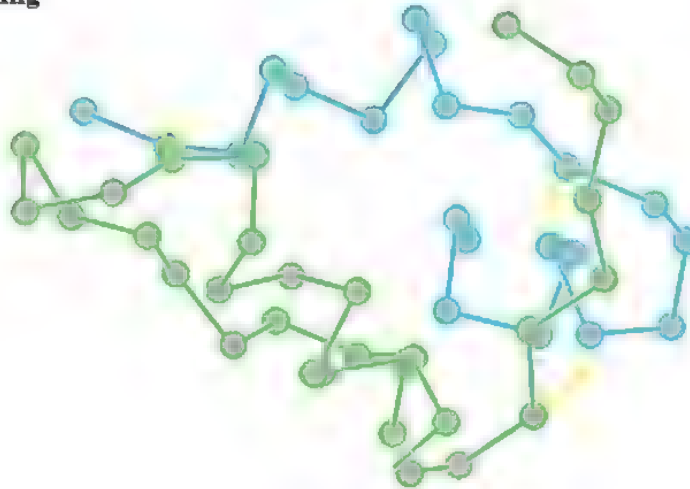
2 ► steroïdhormonen

### Insuline

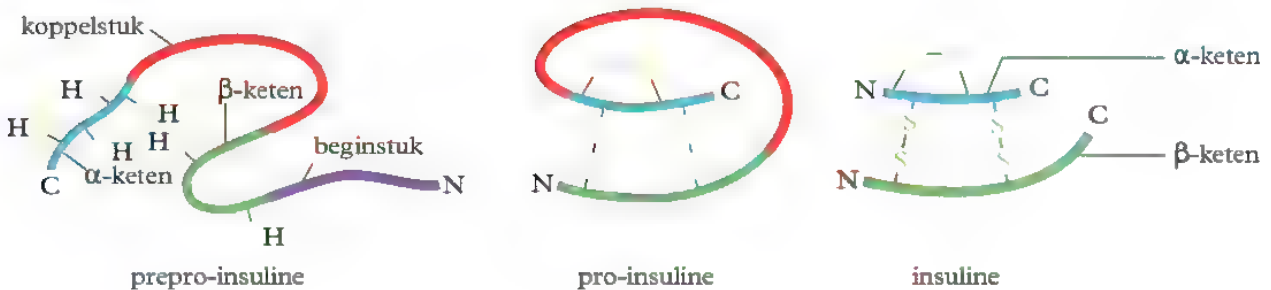


■ menseninsuline:	1 = threonine	2 = isoleucine	3 = threonine
■ varkensinsuline:	1 = threonine	2 = isoleucine	3 = alanine
■ runderinsuline:	1 = alanine	2 = valine	3 = alanine

### ruimtelijke voorstelling

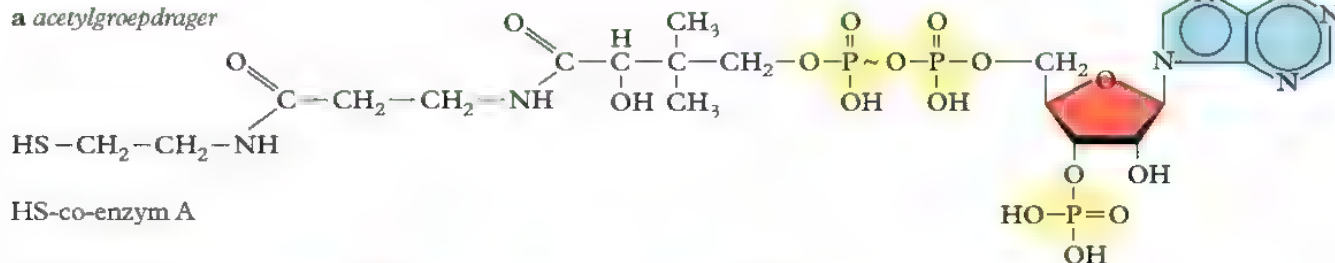


### wordingsgeschiedenis

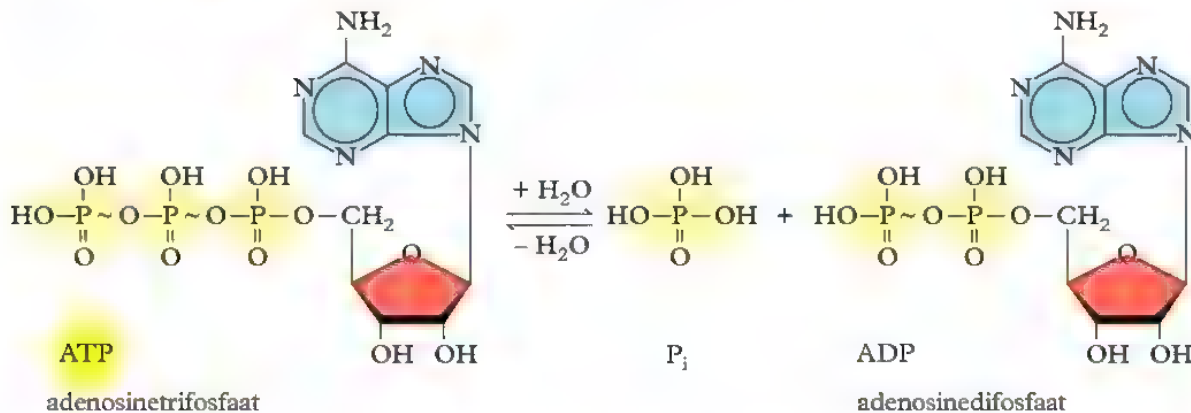
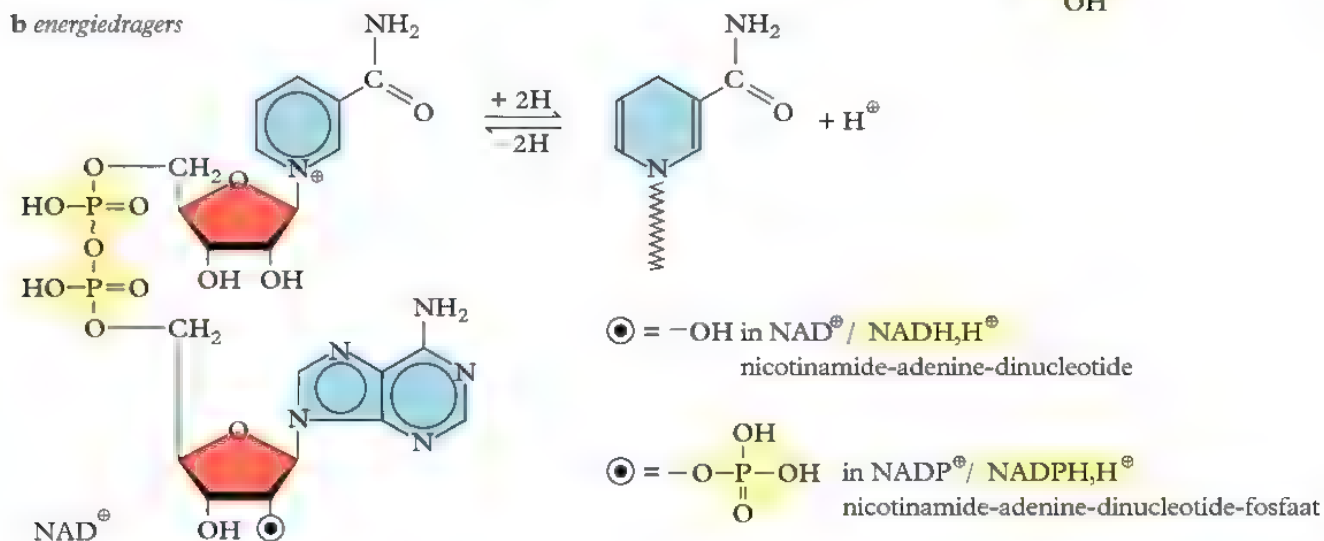




### a acetylgroepdrager



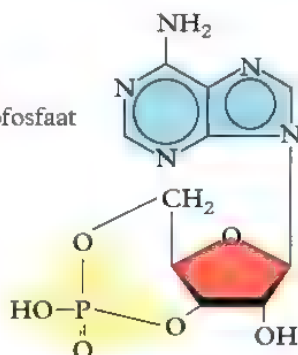
### b energiedragers



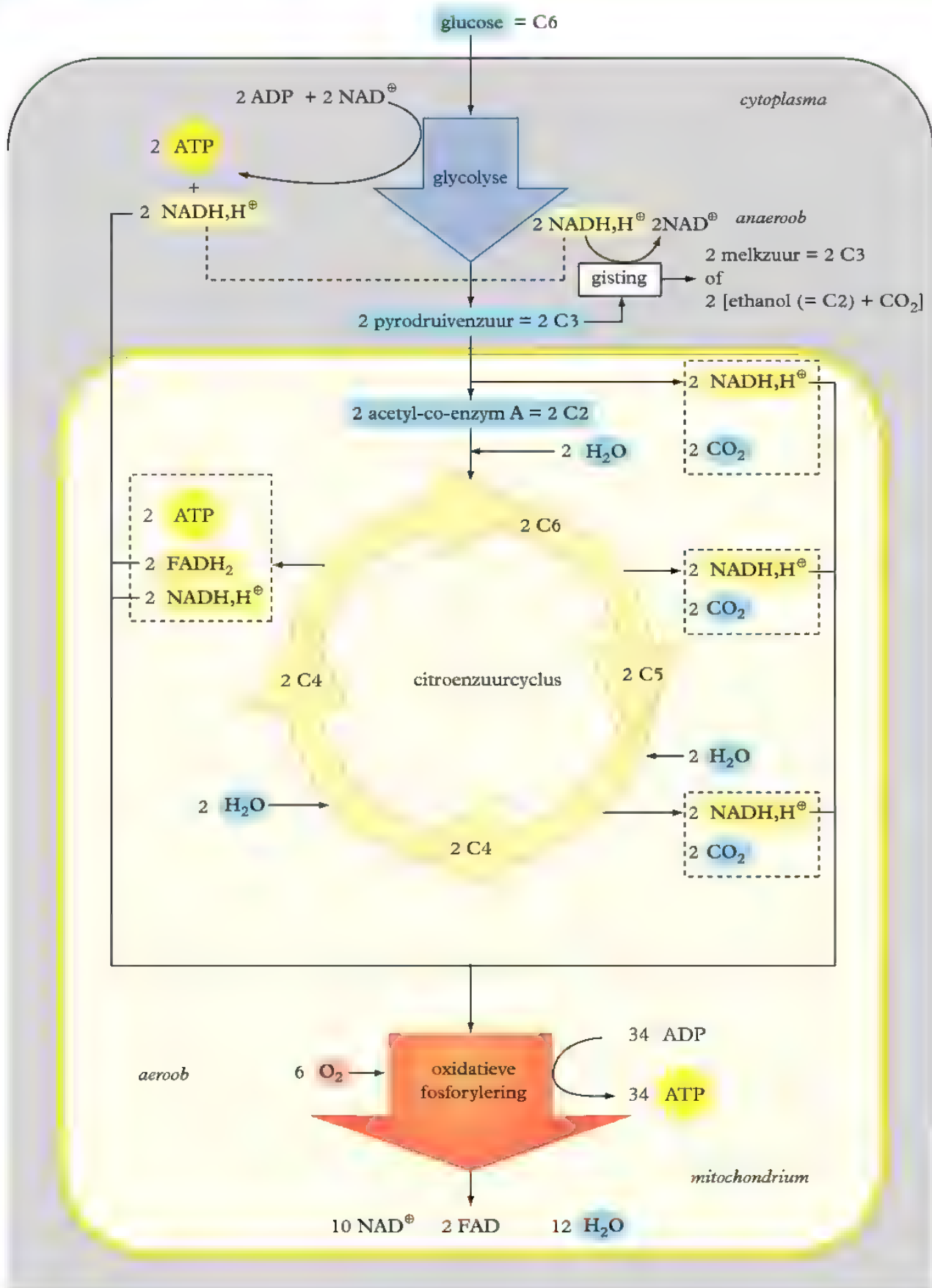
$\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{P}_i + \text{ADP}$  maximale energieopbrengst in een cel:  $31 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$

### c signaaldrager

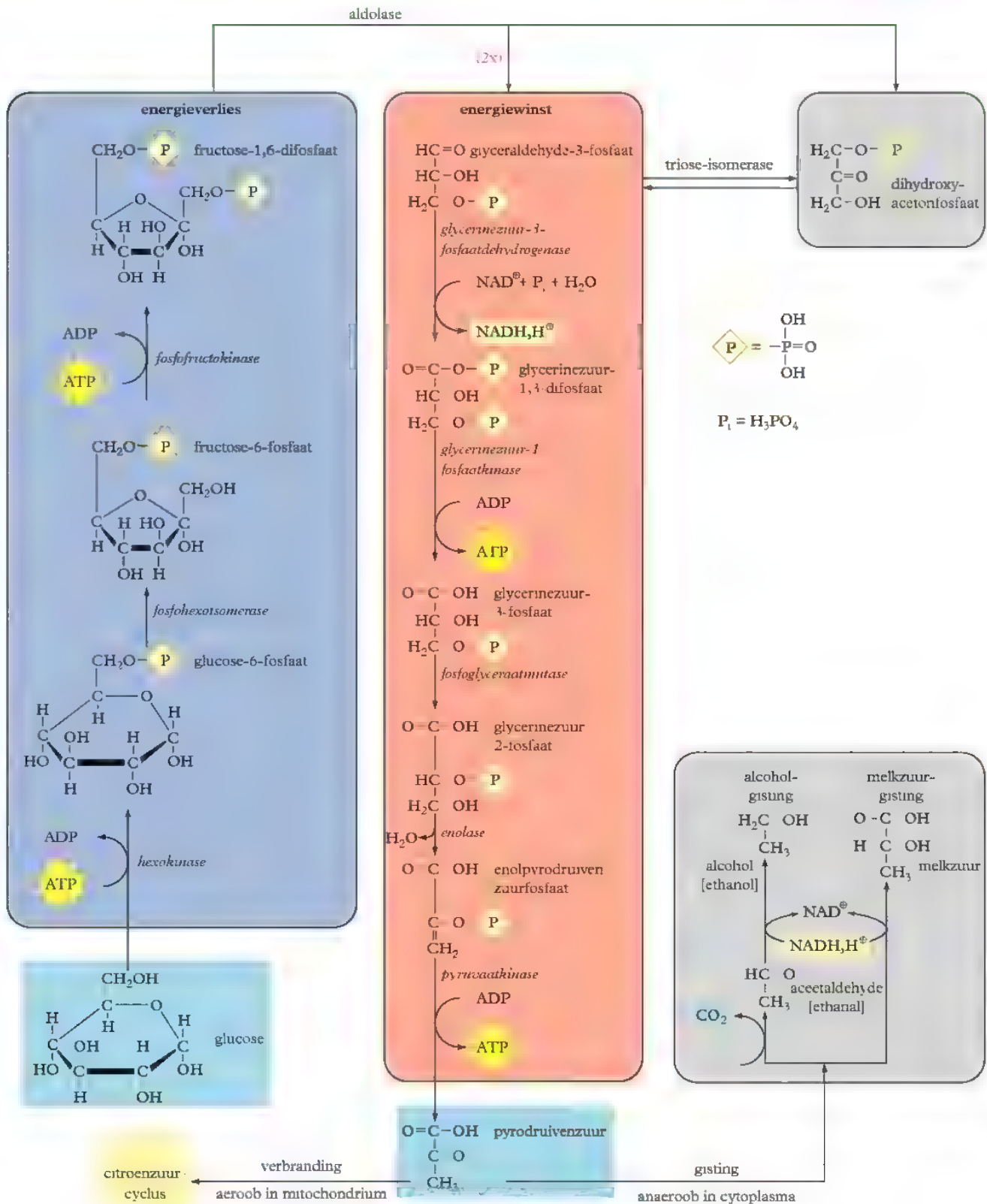
cyclisch AMP  
 cyclisch adenosinemonofosfaat

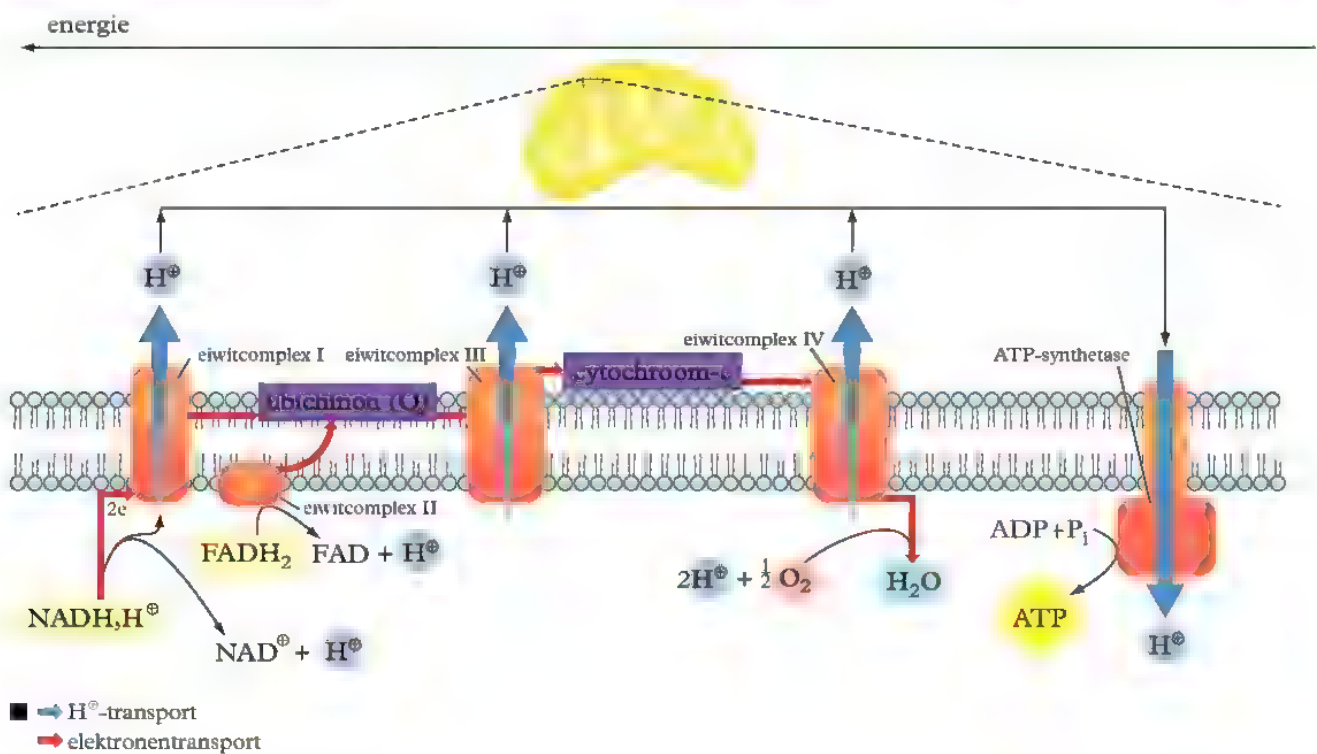
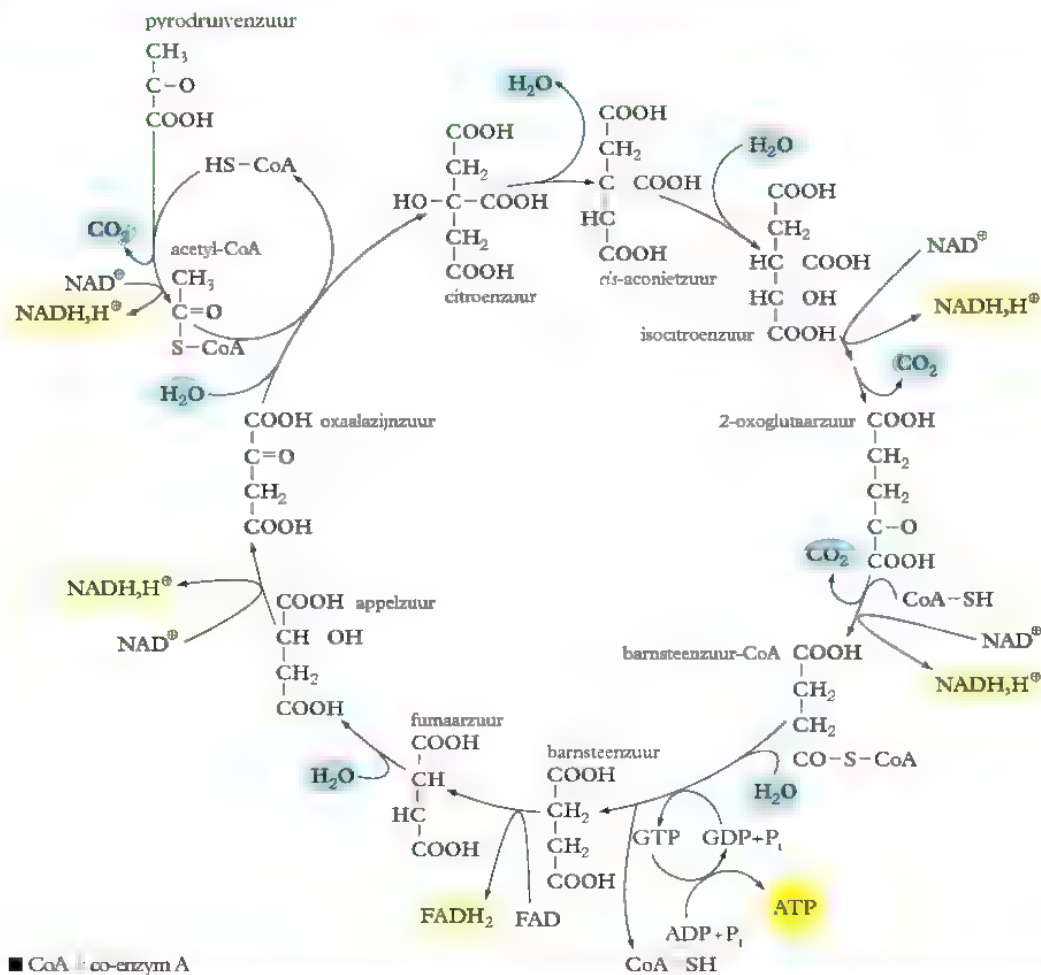


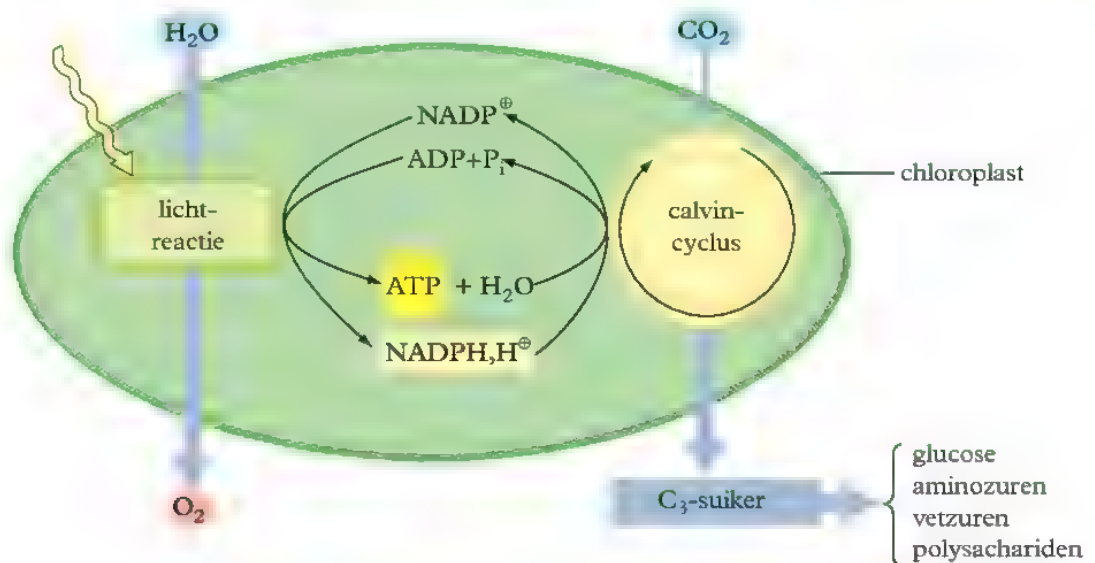
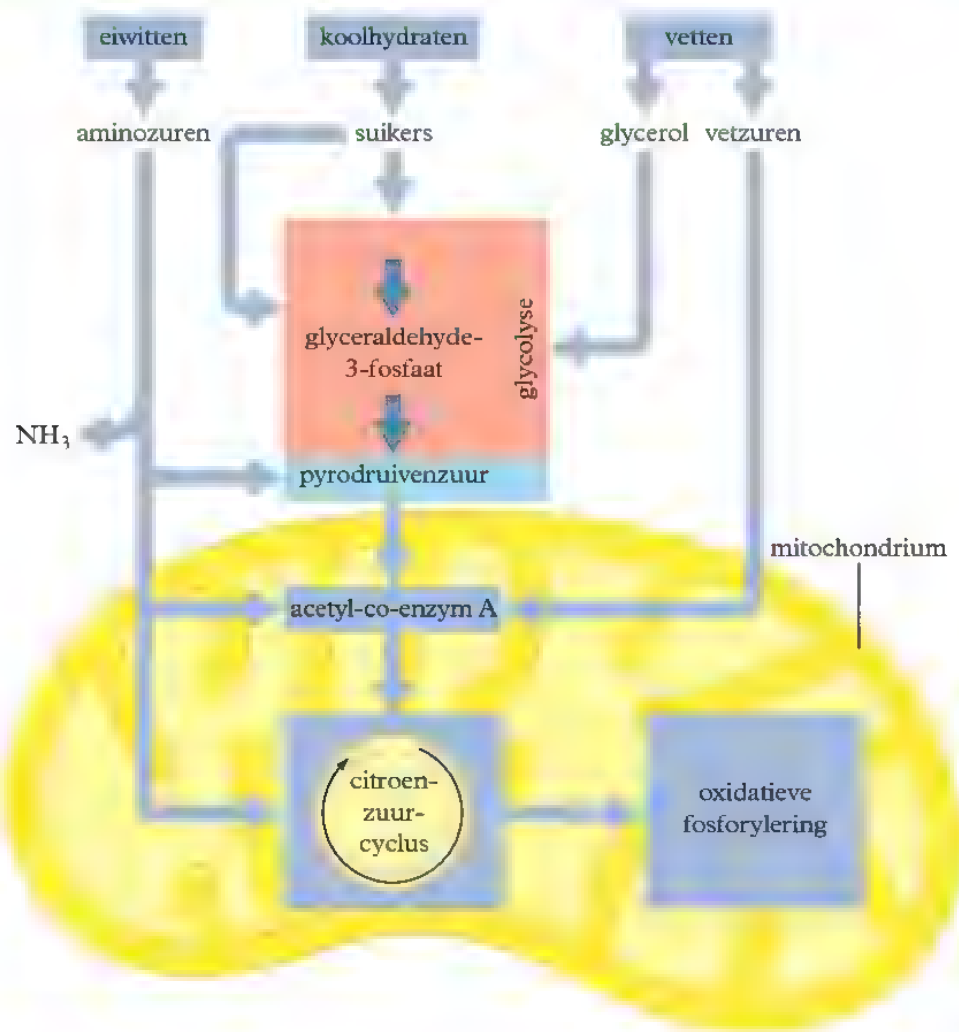
- ~ = symbool voor een energierijke binding
- $\text{P}_i$  = anorganisch fosfaat



■ Bij het in het cytoplasma geproduceerde  $NADH, H^+$  wordt bij het passeren van de mitochondriummembraan 1 ATP gebruikt.

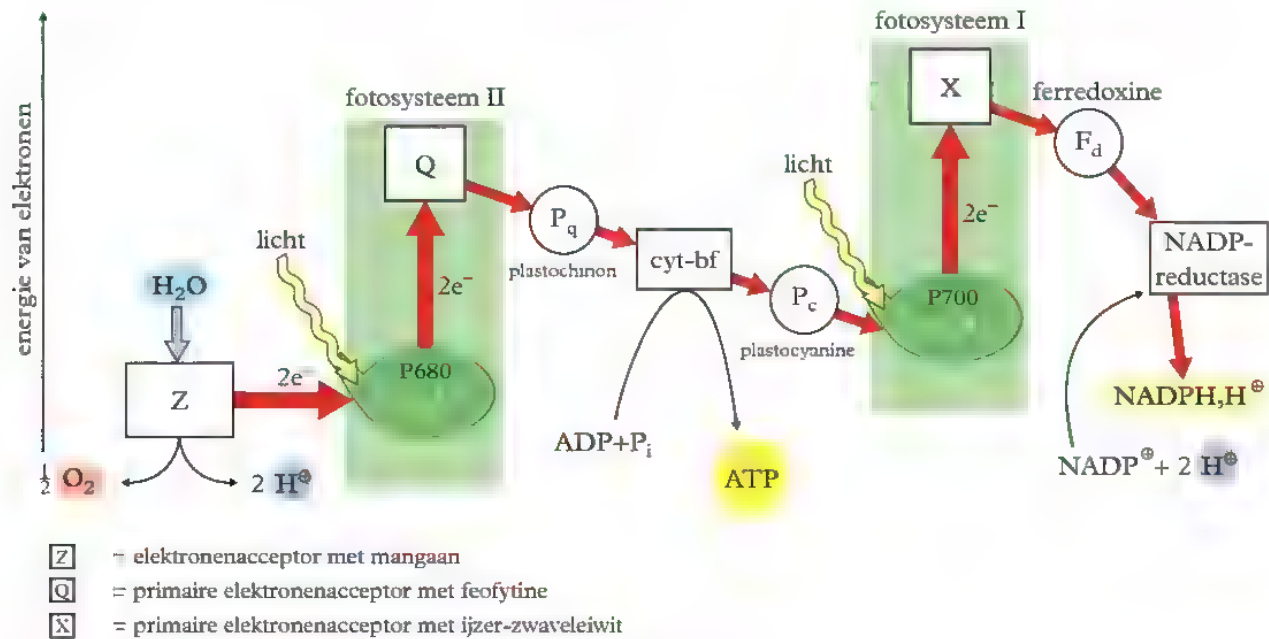




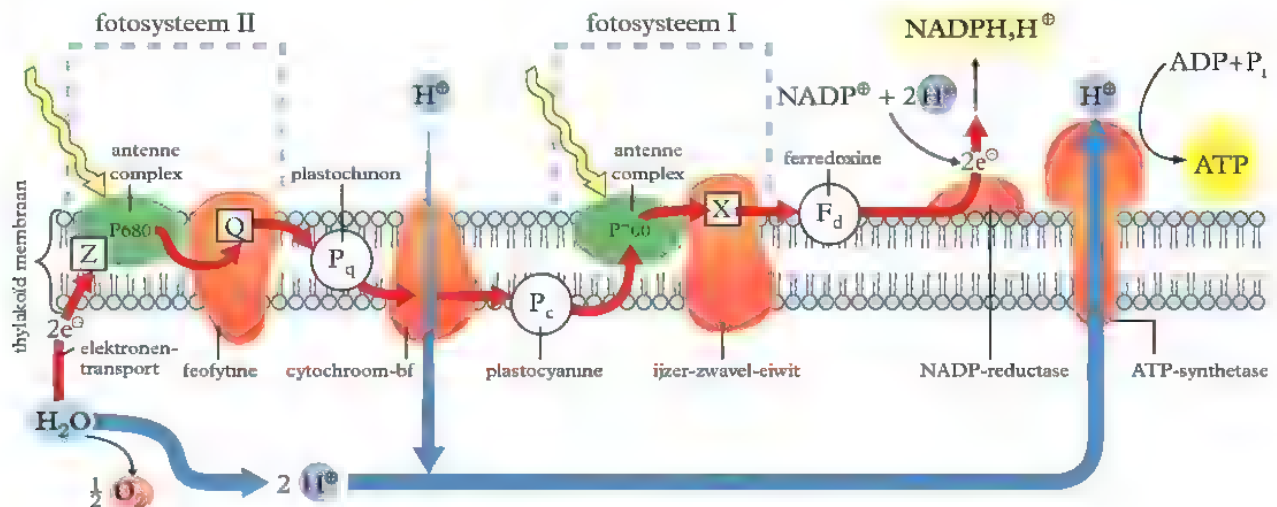




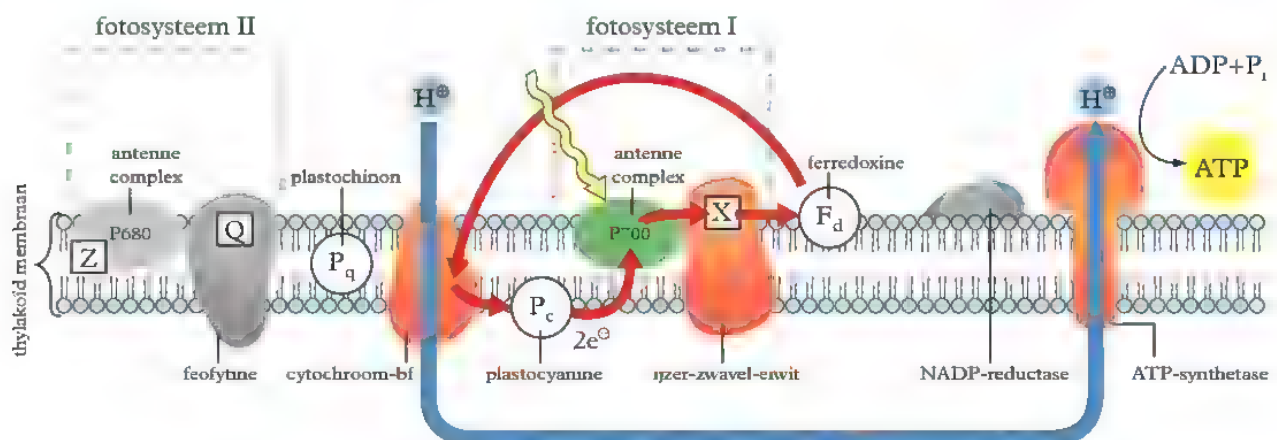
## 1 Niet-cyclische fotofosforylering: energieverloop

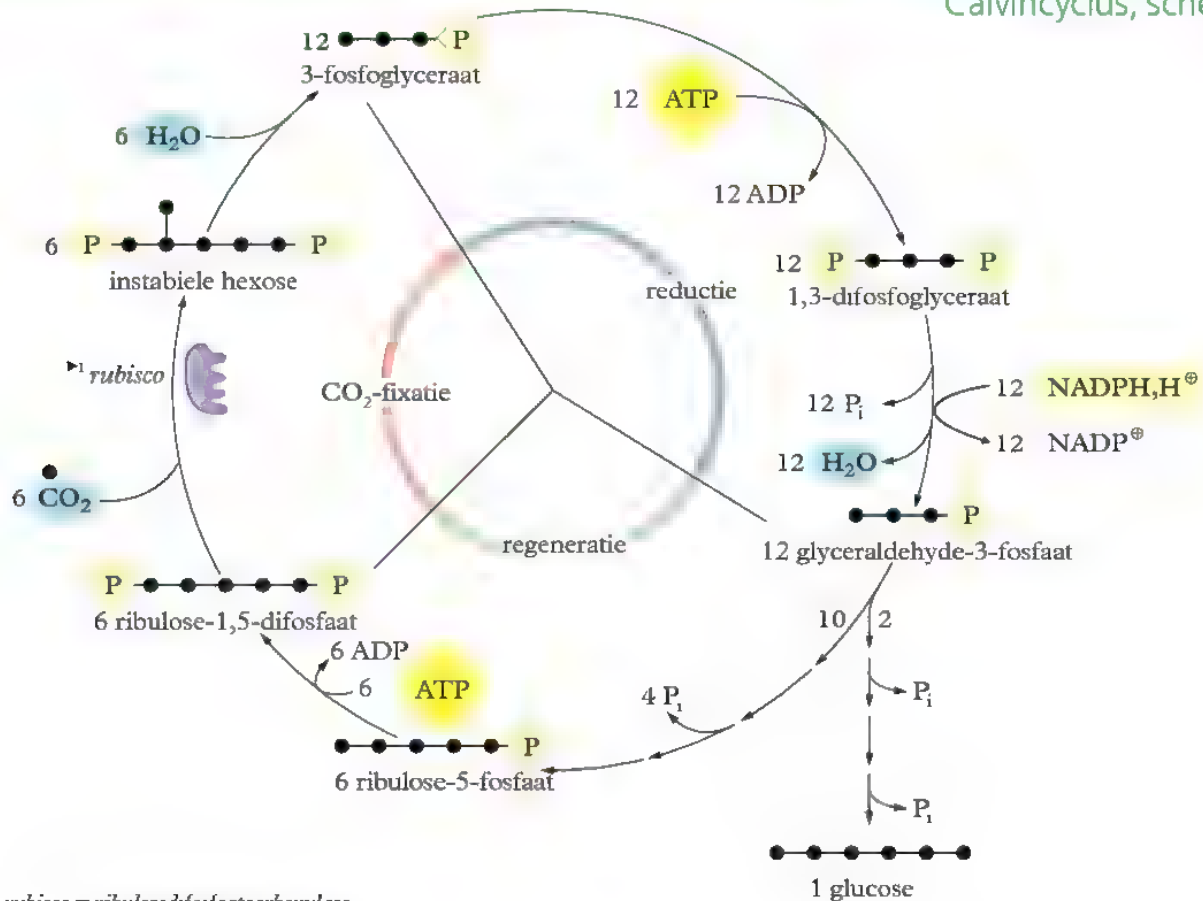


## 2 Niet-cyclische fotofosforylering: membraanreacties

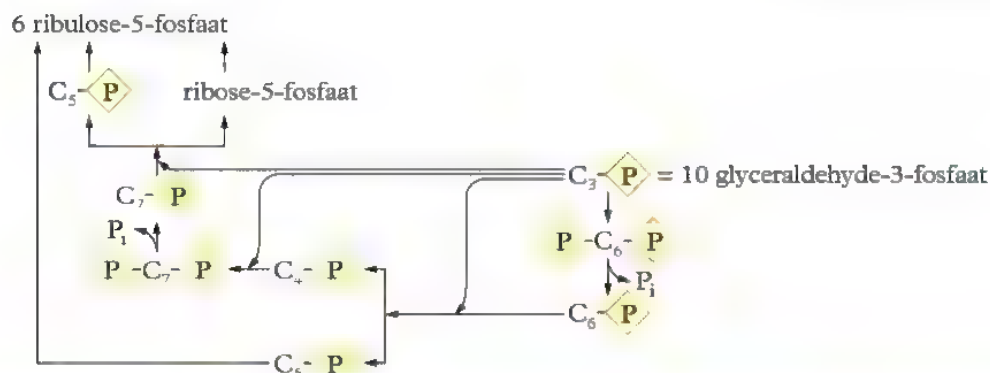


## 3 Cyclische fotofosforylering: membraanreacties





1 ► *rubisco* = ribulosedifosfaatcarboxylase

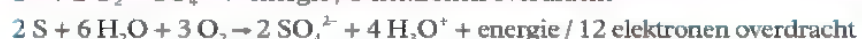


## chemo-autotrofen

zwavelbacteriën

o.a. Thiobacilli

## reactie(s)



nitrietbacteriën

o.a. Nitrosomonas



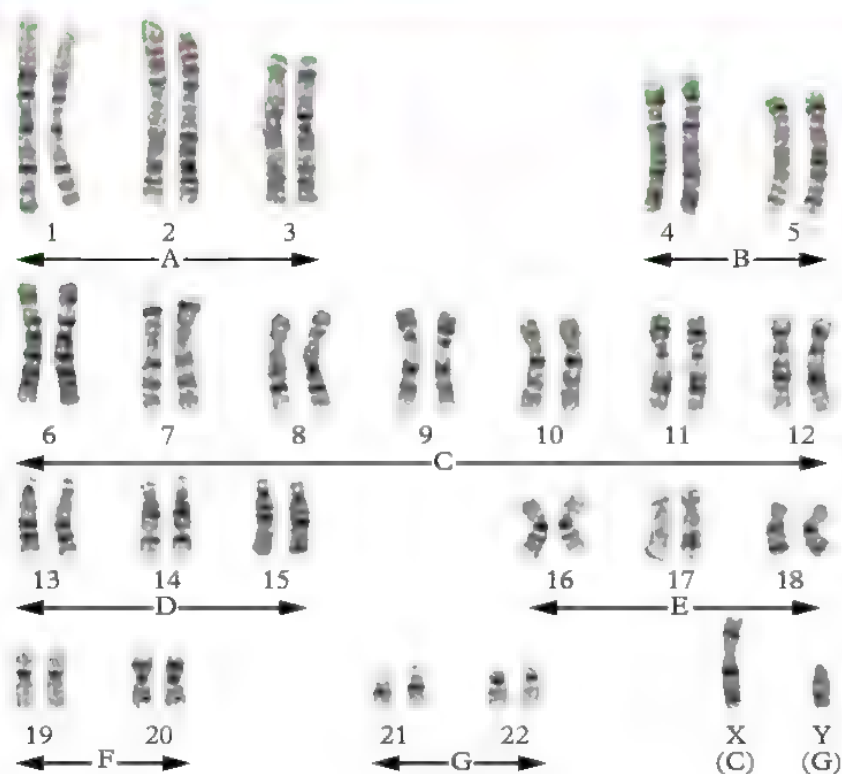
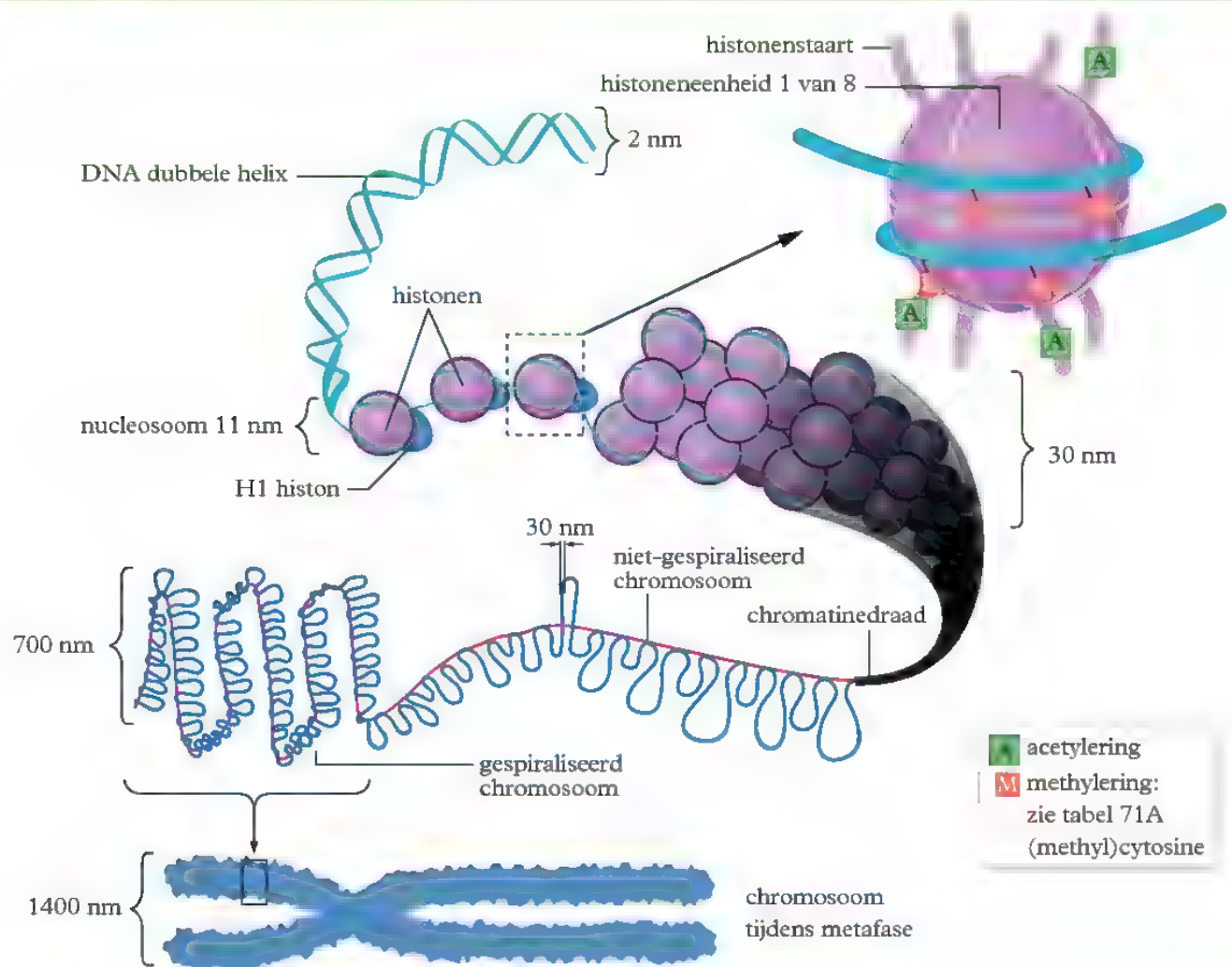
nitraatbacteriën

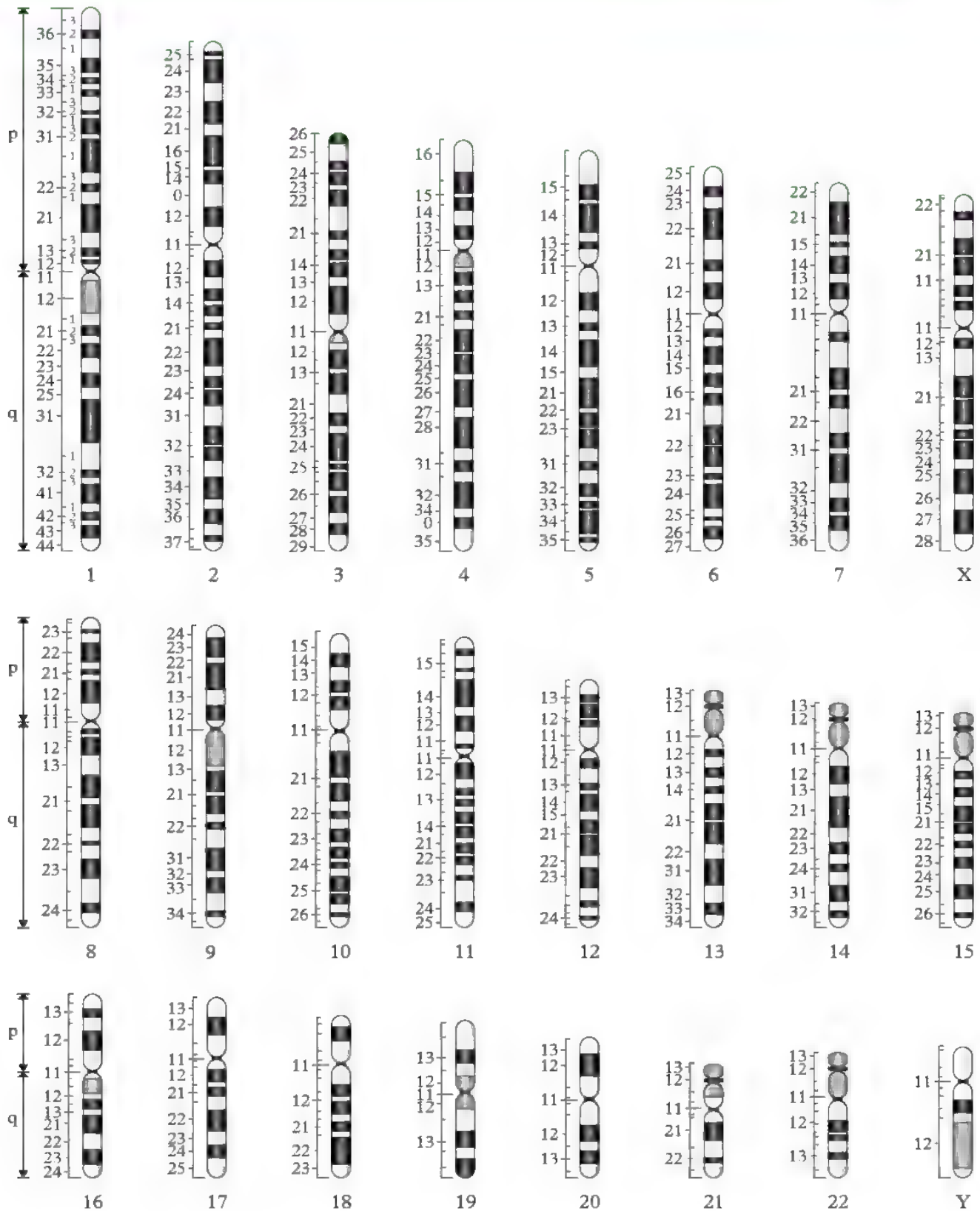
o.a. Nitrobacter



# Chromosomen van de mens

## Structuur van een chromosoom





■ Het bandenpatroon berust op verschillende kleurmethoden.

p = korte arm

q = lange arm

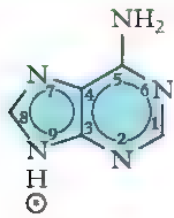


# Chromosomen van de mens

## Genlocaties

<i>gencode</i>	<i>omschrijving</i>	<i>plaats in genoom</i>
CASP9	caspase 9	1p36.21
RHCE	rhesusfactor	1p36.11
AMY1A, AMY2A	speeksel-, alvleesklieramylase	1p21
ACTA1	actine	1q42.13, 10q23.3
LCT	lactase	2q21
G6PC2	glucose-6-fosfatase	2q24.3
HOXD-serie	morfogenese	2q31
DFNB59, DFNB31	erfelijke doofheid	2q31.2, 9q32-34
CASP8	caspase 8	2q33-34
GCG	glucagon	2q36.37
HRH1	histaminereceptor	3p25
RHO	rhodopsine	3q21-24
ADH (serie genen)	alcoholdehydrogenase(n)	4q23-24
IL2	interleukine 2	4q26-27
MN	MN-bloedgroep	4q28-31
TERT	telomerase reverse transcriptase	5p15.33
HDAC3	histondeacetylase	5q31
CD74	MHC klasse II	5q32
DRD1	dopaminereceptor	5q35.1
DRB3	mutant: diabetes mellitus type 1	6p21.3
ESR1	oestrogeenreceptor	6q25.1
TASR16	bittere-smaakreceptor	7q31
CFTR	mutant: taaislijmziekte	7q31.2
OPN1SW	opsine (blauw gevoelig)	7q32.1
SFTPC	longsurfactant	8p21
LPL	lipase	8p22
ABO	ABO-bloedgroep	9q34
MYO3a	myosine (een soort)	10p11.1
LIPF	maaglipase	10q23.3
PNLIP	alvleesklierlipase	10q26
INS	insuline	11p15.5
HBB	γ-hemoglobine	11p15
FSHB en CAT	FSH en katalase	11p13
APOA	apolipoproteïne (bloedlipiden)	11q23
MDM3	P53-remmer	12q14
PAH	PKU-keten	12q22-24.2
BRCA2	borstkanker	13q12.3
F7, F10	stollingsfactoren 7 en 10	13q34
ESR2	oestrogeenreceptor 2	14q23.2
IGH*	immunoglobuline: zware keten	14q32.33
OCA2	oculocutaan albinisme (huid+oog)	15q
DYX1C1	dyslexie	15q21.3
TPSAB1 en DNASSE1	tryptase en deoxyribonuclease	16p13.3
FTO	obesitasrisicofactor	16q12.2
POLR2a	RNA-polymerase II (grootste eenheid)	17p13.1
TP53	apoptose-eiwit P53	17p31.1
GAST en BRCA1	gastrine en mutant: borstkanker	17q21
GH1, GH2	groeihormoon	17q24.2
MYP6	bijziendheid	18p11.31
LDLR	familiaire hypercholesterolemie	19p13.2
BMIQ6	lichaamsvet index	20p11.2
APP	mutant: Alzheimer	21q21.3
SF3A1	splicing factor 3a	22q12.2
DMD	mutant: veroorzaker Duchenne	Xp21.2
AR	testosteronreceptor	Xq12
OPN1LW	opsine (rood/groengevoelig)	Xq28

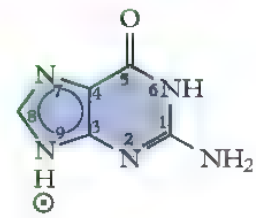




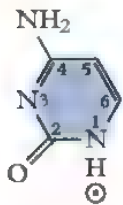
adenine (A)



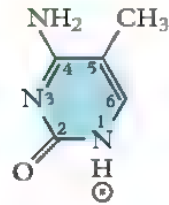
thymine (T)



guanine (G)



cytosine (C)



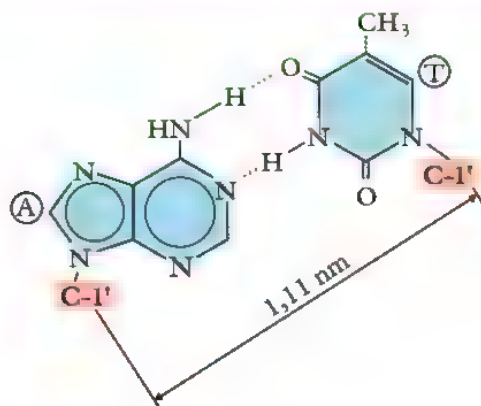
methylcytosine



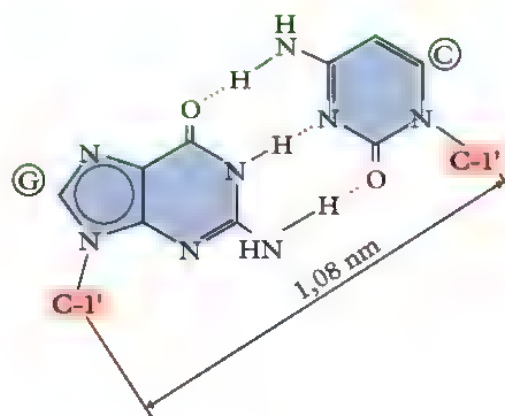
uracil (U)

pseudouracil (Ψ)

■ ⊙ = aanhechtingsplaats aan ribose of deoxyribose



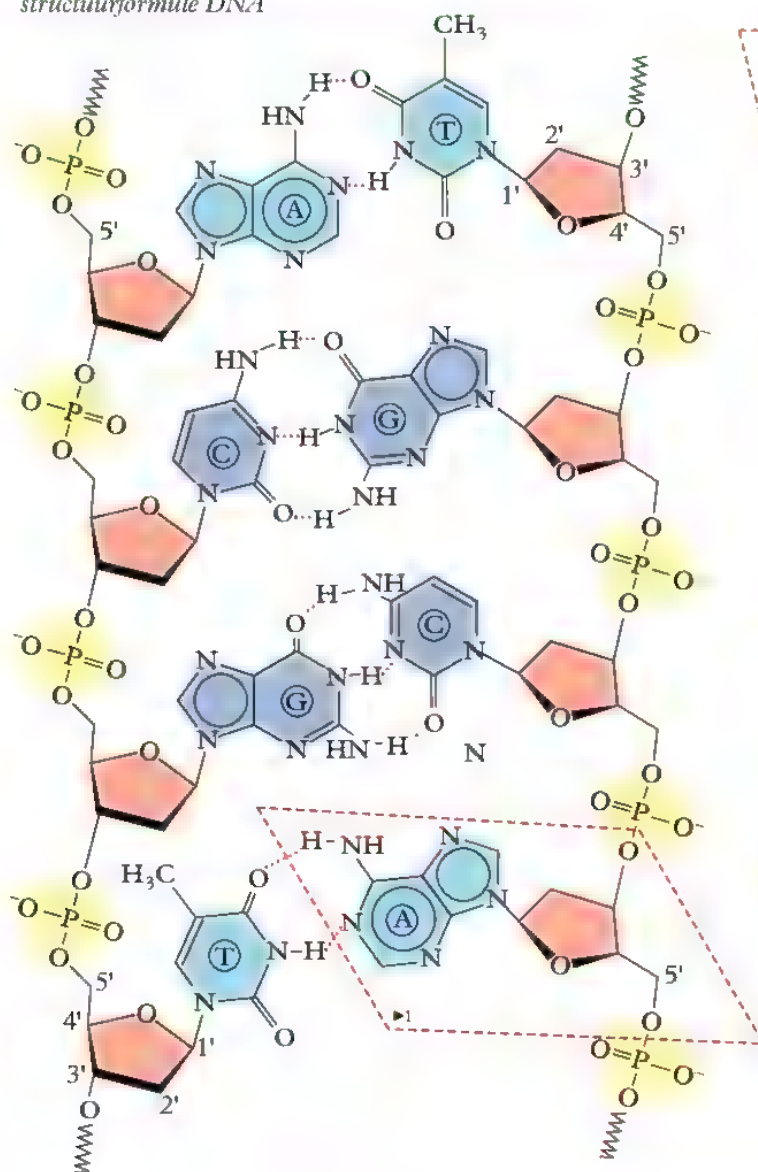
De binding tussen adenine en thymine in DNA;  
er zijn twee H-bruggen.



De binding tussen guanine en cytosine in DNA;  
er zijn drie H-bruggen.

■ In RNA neemt de base U de plaats in van de base T in DNA.

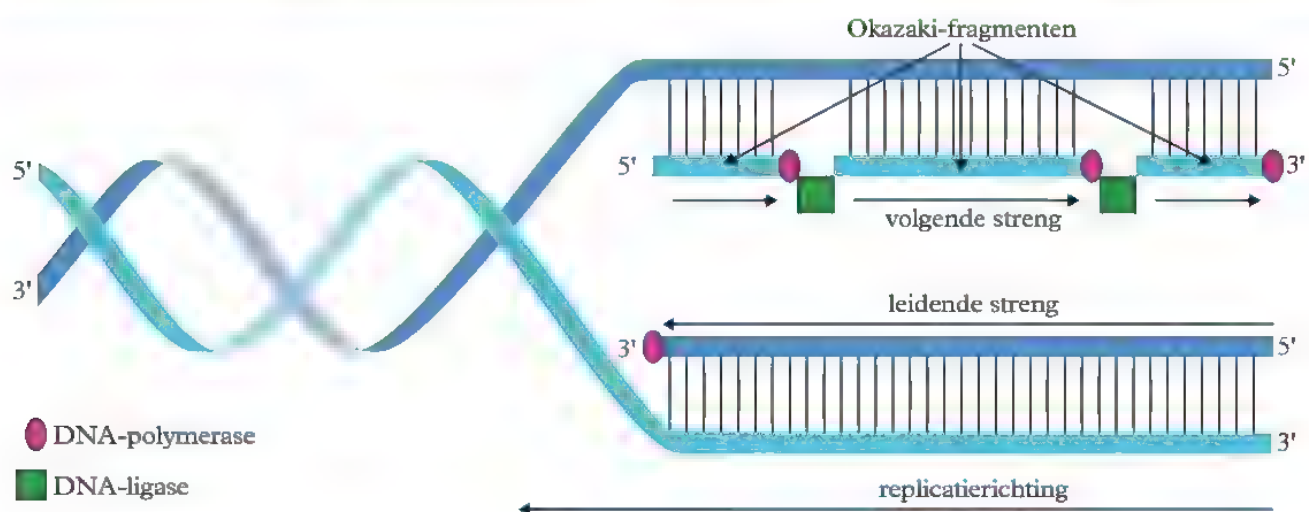
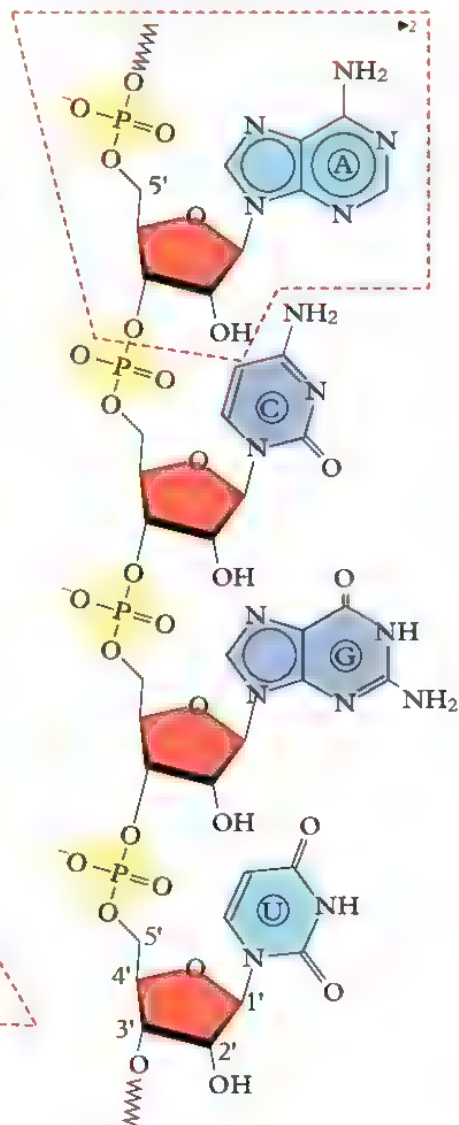
structuurformule DNA

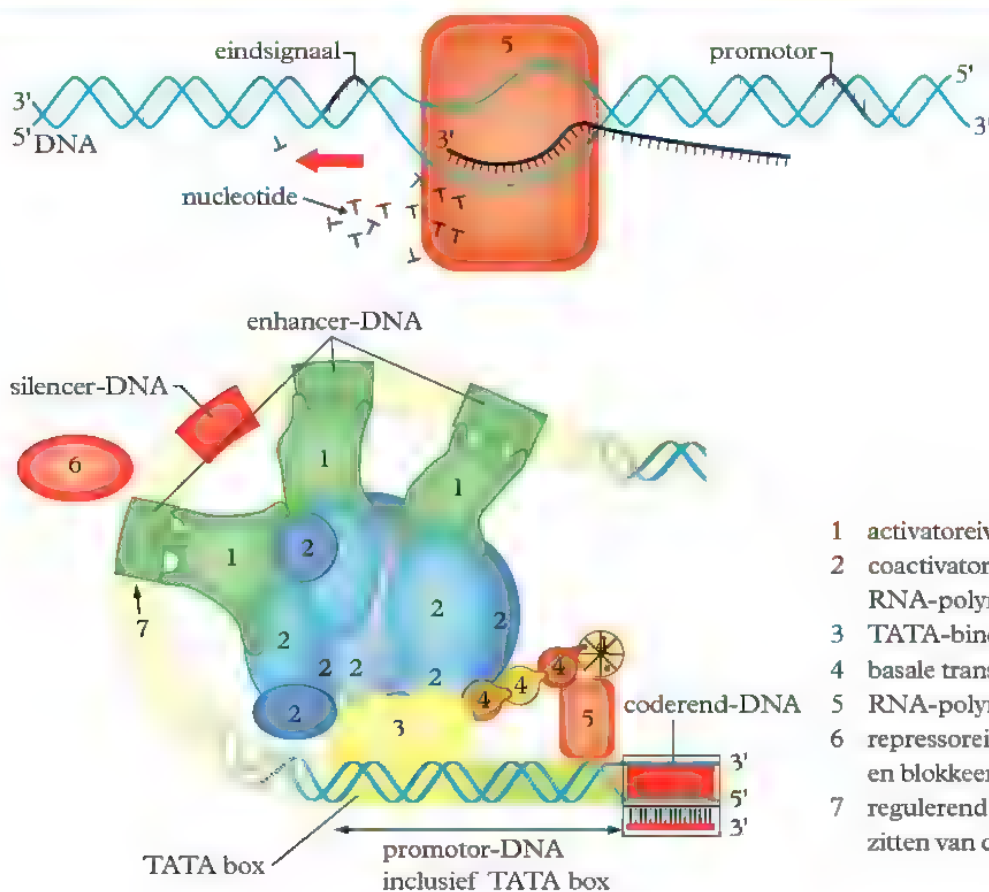
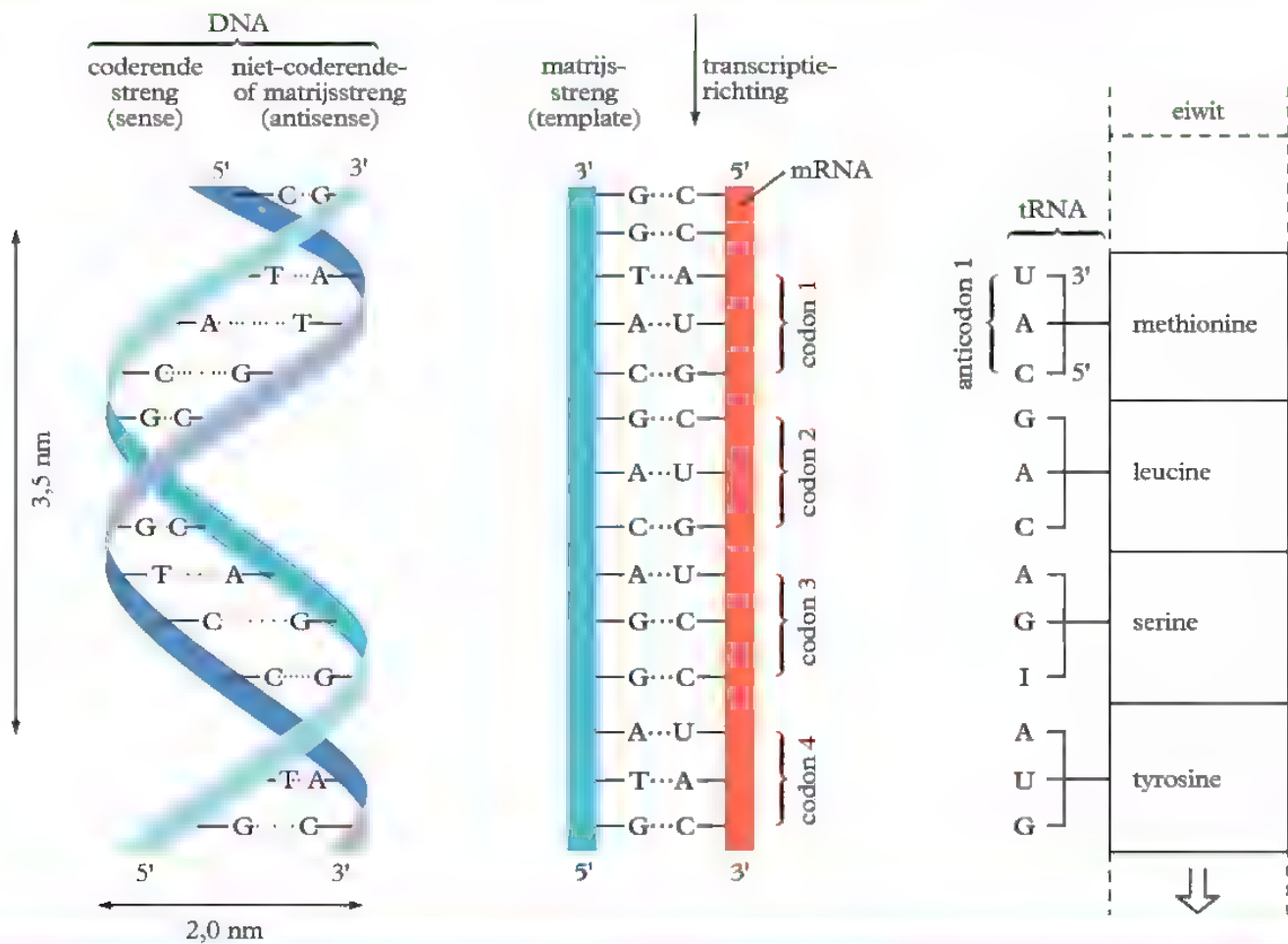


1 ► nucleoside

2 ► nucleotide

structuurformule RNA





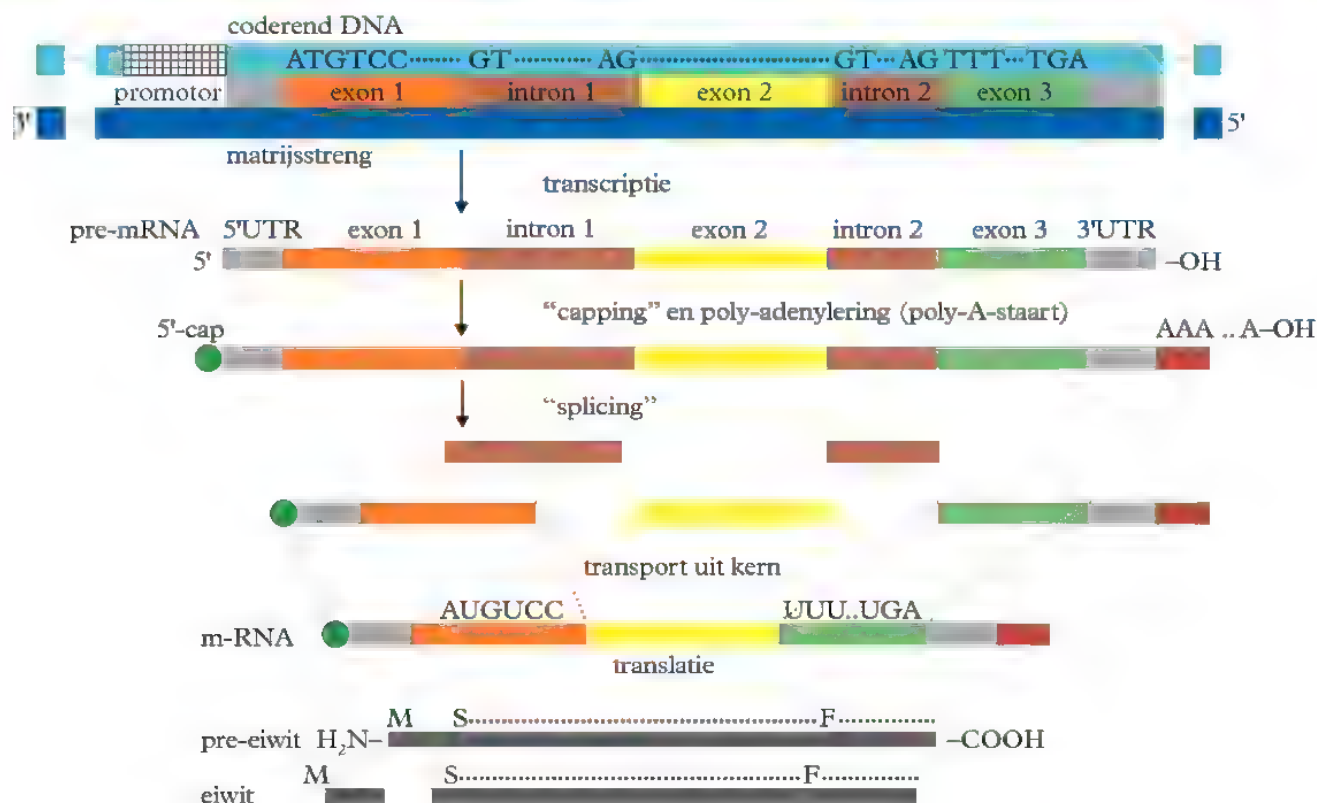
- 1 activator-eiwitten, specifiek voor een gen
- 2 coactivator-eiwitten, algemeen voor één RNA-polymerasetype
- 3 TATA-bindende transcriptiefactor
- 4 basale transcriptiefactoren
- 5 RNA-polymerase (II)
- 6 repressor-eiwit: kan aan silencer binden en blokkeert daarmee activatorbinding
- 7 regulerend DNA: kan op grote afstand zitten van de TATA-box

	<i>aminozuren</i>	<i>symbolen</i>		<i>codons in het m-RNA</i>	<i>opmerkingen geldend bij de mens</i>
1	Alanine	Ala	A	GCA, GCG, GCU/C	U/C = w= wiebelbase 100% gelezen door t-RNA CGI
2	Arginine	Arg	R	AGA, AGG, CGA, CGG, CGU/C	w 100% gelezen door t-RNA GCI
3	Asparagine	Asn	N	AAU/C	w ±97% gelezen door t-RNA UUG
4	Asparaginezuur	Asp	D	GAU/C	w 100% gelezen door t-RNA CUG
5	Cysteïne	Cys	C	UGU/C	w 100% gelezen door t-RNA ACG
6	Glutamine	Gln	Q	CAA, CAG	
7	Glutaminezuur	Glu	E	GAA, GAG	
8	Glycine	Gly	G	GGA, GGG, GGU/C	w 100% gelezen door t-RNA CCG
9	Histidine	His	H	CAU/C	w 100% gelezen door t-RNA GUG
10	Isoleucine	Ile	I	AUA, AUU/C	w ±92% gelezen door t-RNA UAA
11	Leucine	Leu	L	UUA, UUG, CUA, CUG, CUU/C	w 100% gelezen door t-RNA GAI
12	Lysine	Lys	K	AAA, AAG	
13	Methionine	Met	M	AUG	alleen in mitochondria ook AUA
14	Fenylalanine	Phe	F	UUU/C	w 100% gelezen door t-RNA AAG
15	Proline	Pro	P	CCA, CCG, CCU/C	w 100% gelezen door t-RNA GGI
16	Serine	Ser	S	UCA, UCG, UCU/C, AGU/C	2 x w resp 100% gelezen door t-RNA AGI, UCG
17	Threonine	Thr	T	ACA, ACG, ACU/C	w 100% gelezen door t-RNA UGI
18	Tryptofaan	Trp	W	UGG	alleen in mitochondria ook UGA
19	Tyrosine	Tyr	Y	UAU/C	w ±90% gelezen door t-RNA AUG
20	Valine	Val	V	GUA, GUG, GUU/C	w 100% gelezen door t-RNA CAI
	startcodon	Met	M	AUG	vaak na eiwitvoltooiing weer afgekoppeld
	stopcodons	stop		UAA, UAG, UGA	alleen in mitochondria ook AGA en AGG, maar UGA is daarin geen stopcodon

■ I in t-RNA=inosine

<i>eerste base</i>	<i>tweede base</i>				<i>derde base</i>
5' einde	U	C	A	G	3' einde
U	F	S	Y	C	U of C
	L	S	stop	stop	A
	L	S	stop	W	G
C	L	P	H	R	U of C
	L	P	Q	R	A of G
A	I	T	N	S	U of C
	I	T	K	R	A
	M start	T	K	R	G
G	V	A	D	G	U of C
	V	A	E	G	A of G

■ Structuurformules van de aminozuren: zie tabel 67H1.



■ UTR Untranslated region en poly-A-staart: regulerende functie; cap stabiliserende functie

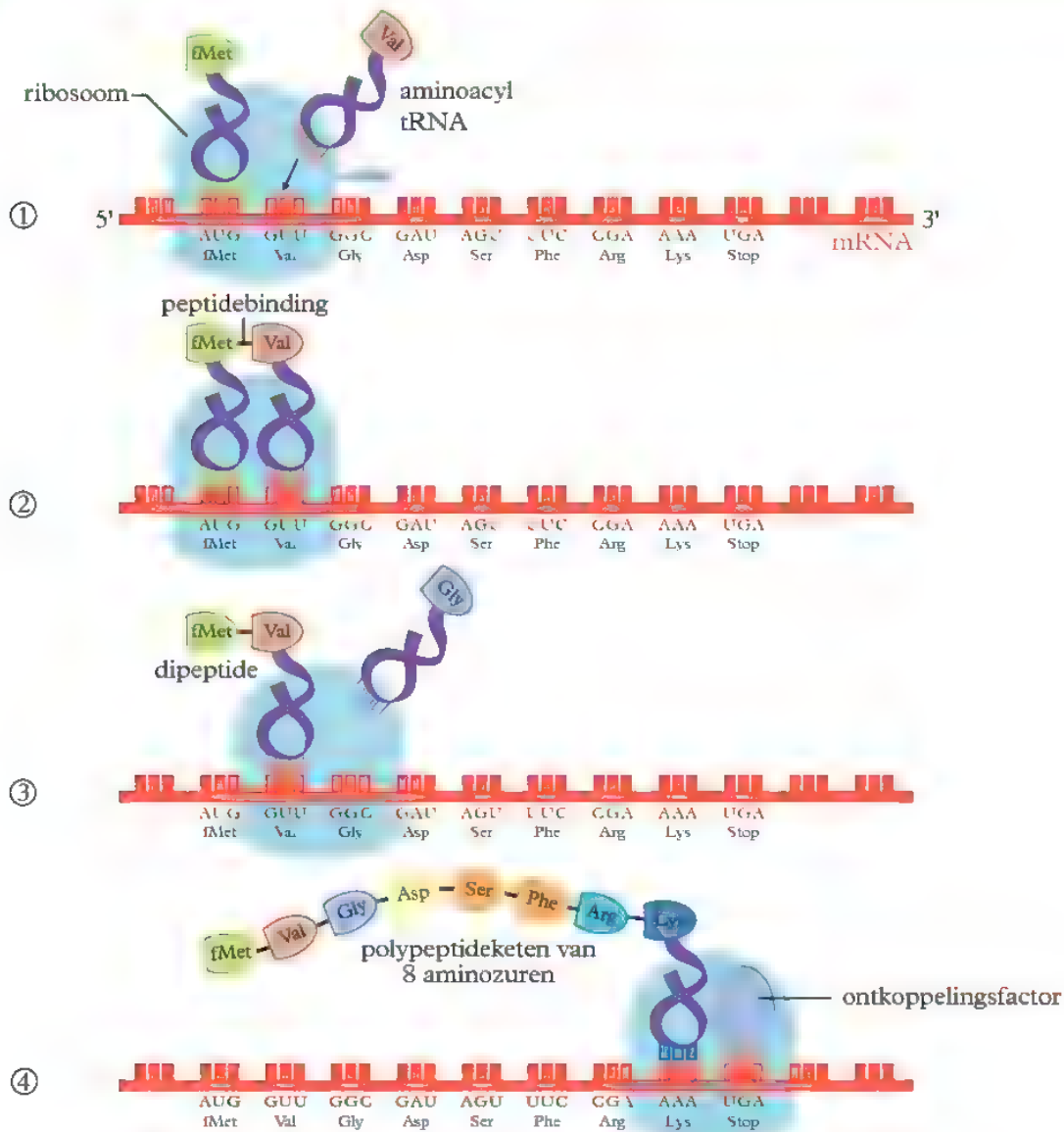
■ Grootste aantal exonen per gen bij de mens: 363, langste menselijk exon: 7600 basen, langste menselijk intron: ~800 000 basen

<i>type schade</i>	<i>reparatie</i> <sup>1</sup>	<i>bijzonderheden</i> <sup>2</sup>
verkeerde base	basevervangingsreparatie (BER)	veel mechanismen - meest voorkomende
enkelvoudige ketenbreuk		relatief eenvoudige reparatie
fout in nucleotidenstructuur	nucleotidevervangingsreparatie (NER)	relatief eenvoudige reparatie
DNA dubbele breuk	recombinatiereparatie	reparatie is moeilijker - grotere kans op mislukking
Verkeerde verbinding tussen de twee ketens		
A-G fout	mismatchreparatie	reparatie is moeilijker - grotere kans op mislukking
C-T fout	(MMR)	
deletie		
insertie		
indien aangeboren:	geen	erfelijke ziekte zoals:
puntmutatie, chromosoommutatie		taaislijmziekte (CF) - puntmutatie:
deletie of insertie		Xeroderma pigmentosa: NER werkt niet goed
		erfelijke darmkanker: MMR werkt niet goed

1 ► In verband met een controlesysteem zijn DNA-reparaties altijd complexe reacties met vele eiwitten.

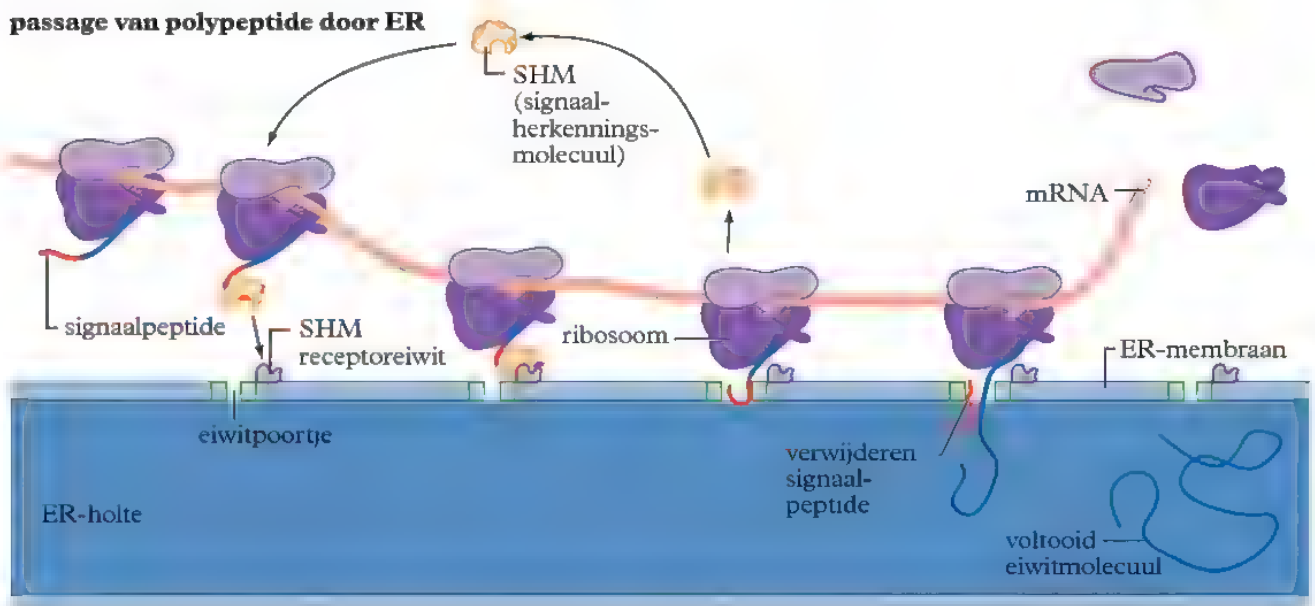
2 ► Niet-repareerbaar DNA leidt of tot apoptose, of tot veroudering van DNA met kans op begin van kanker.





■ fMet = methionine aan het begin van de peptideketen

#### passage van polypeptide door ER



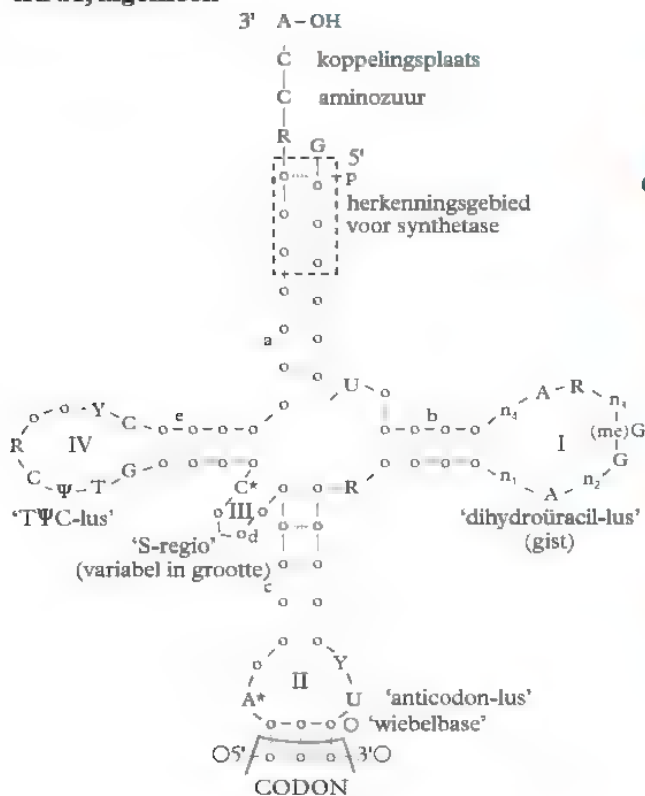
afkorting	type RNA
mRNA	messenger RNA
tRNA	transport RNA
rRNA	ribosomaal RNA
miRNA	micro RNA
snRNA	small nuclear RNA

afkorting	type RNA
snoRNA	small nucleolar RNA
aRNA	antisense RNA
	telomerase RNA
siRNA	small interfering RNA
RNAi	interferentie RNA

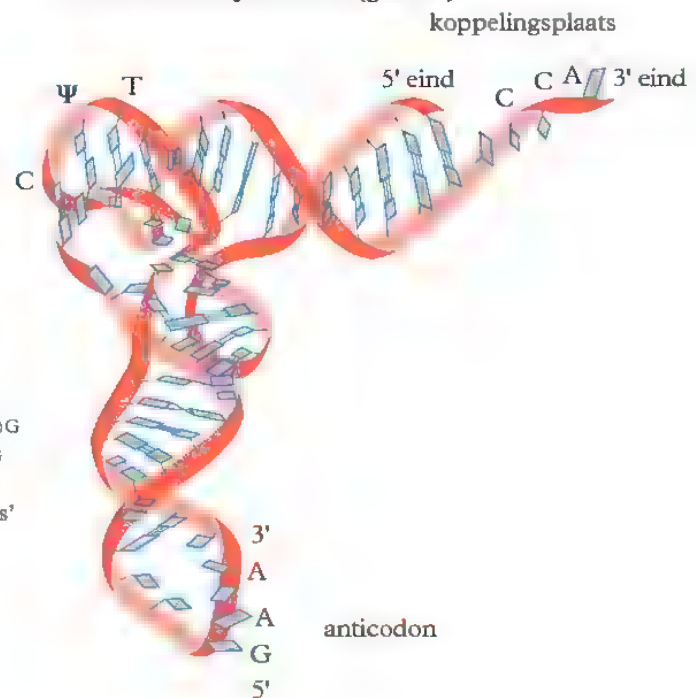
## Structuren van tRNA

2

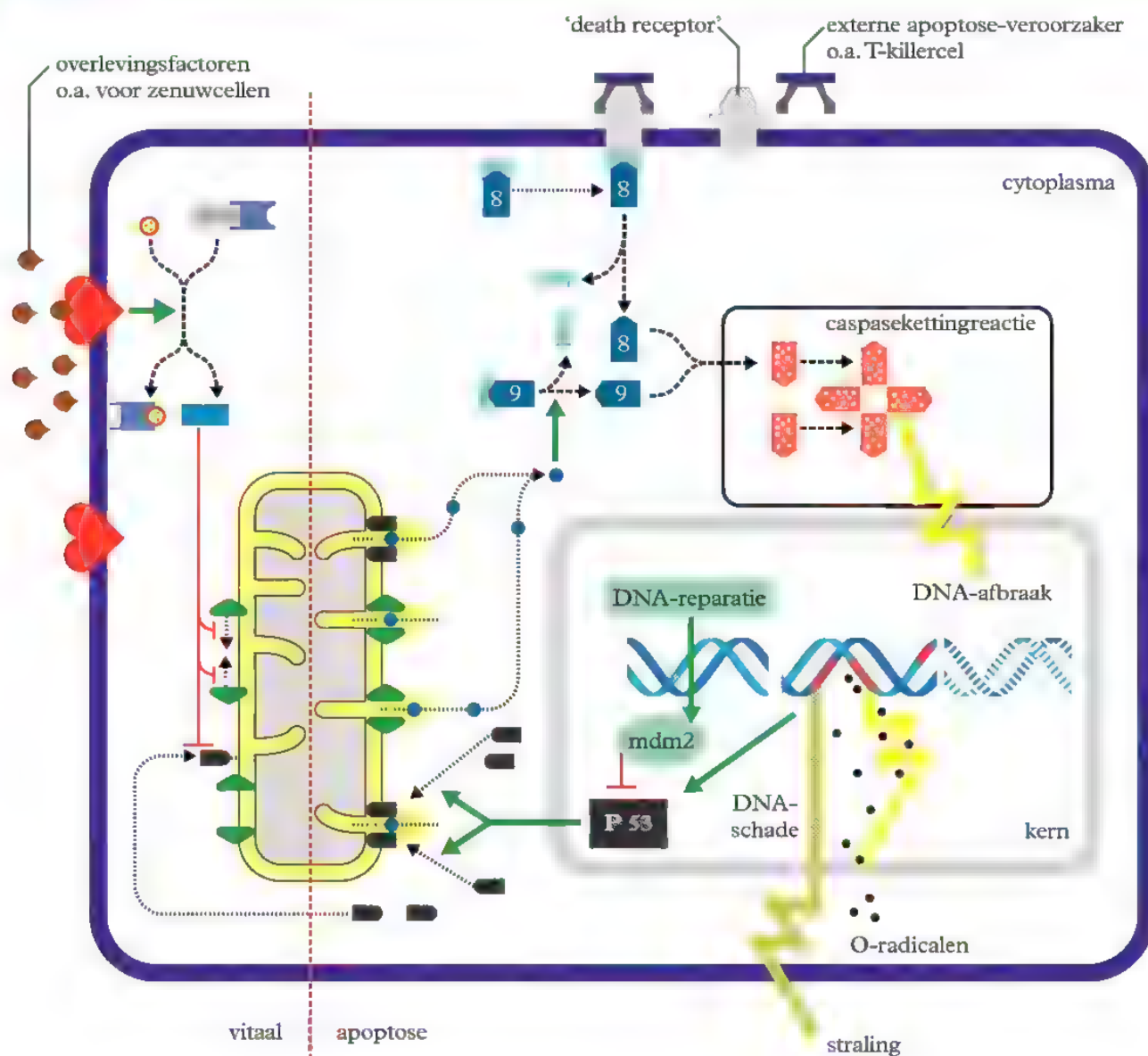
## tRNA, algemeen



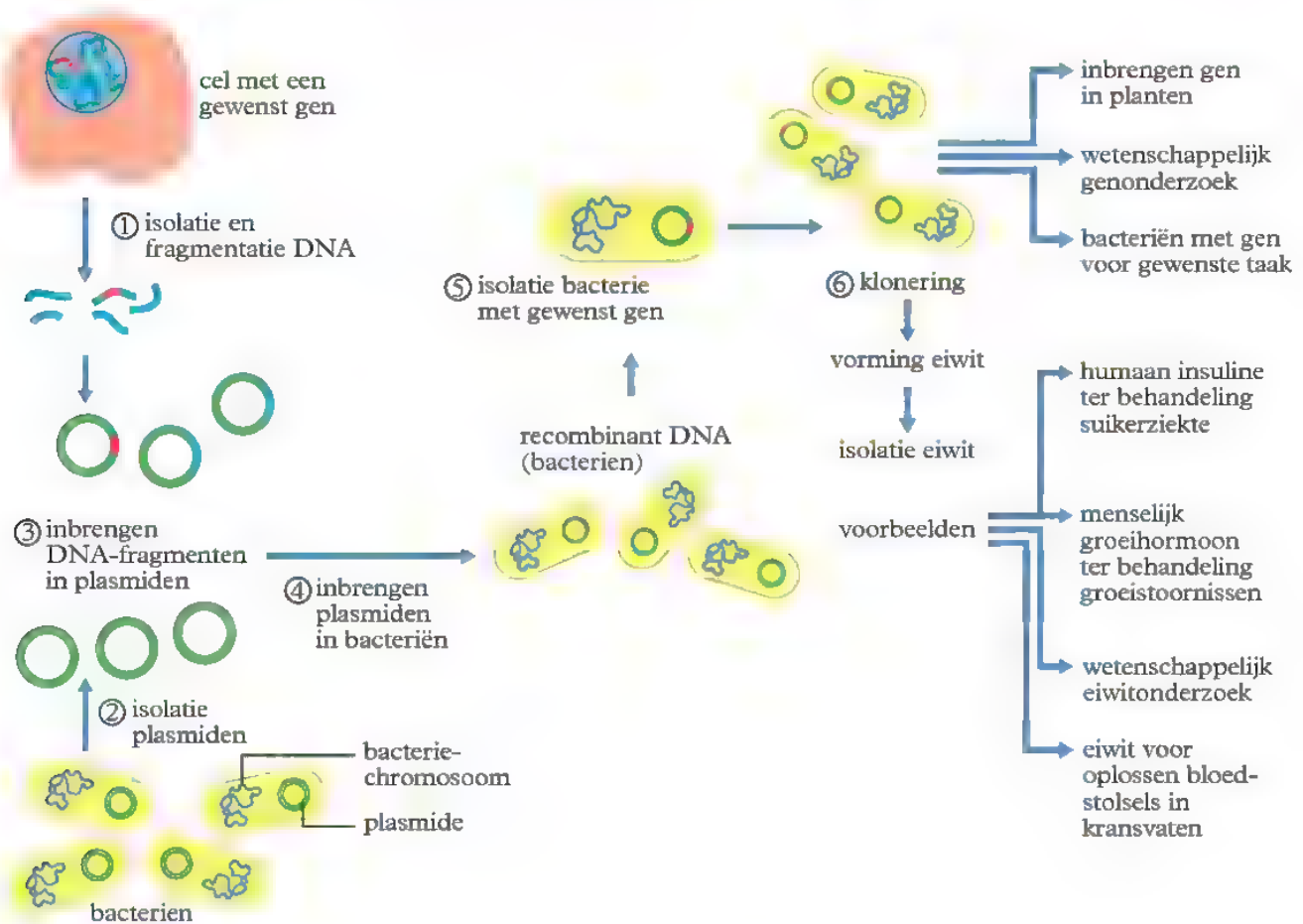
## tRNA van fenylalanine (gistcel)



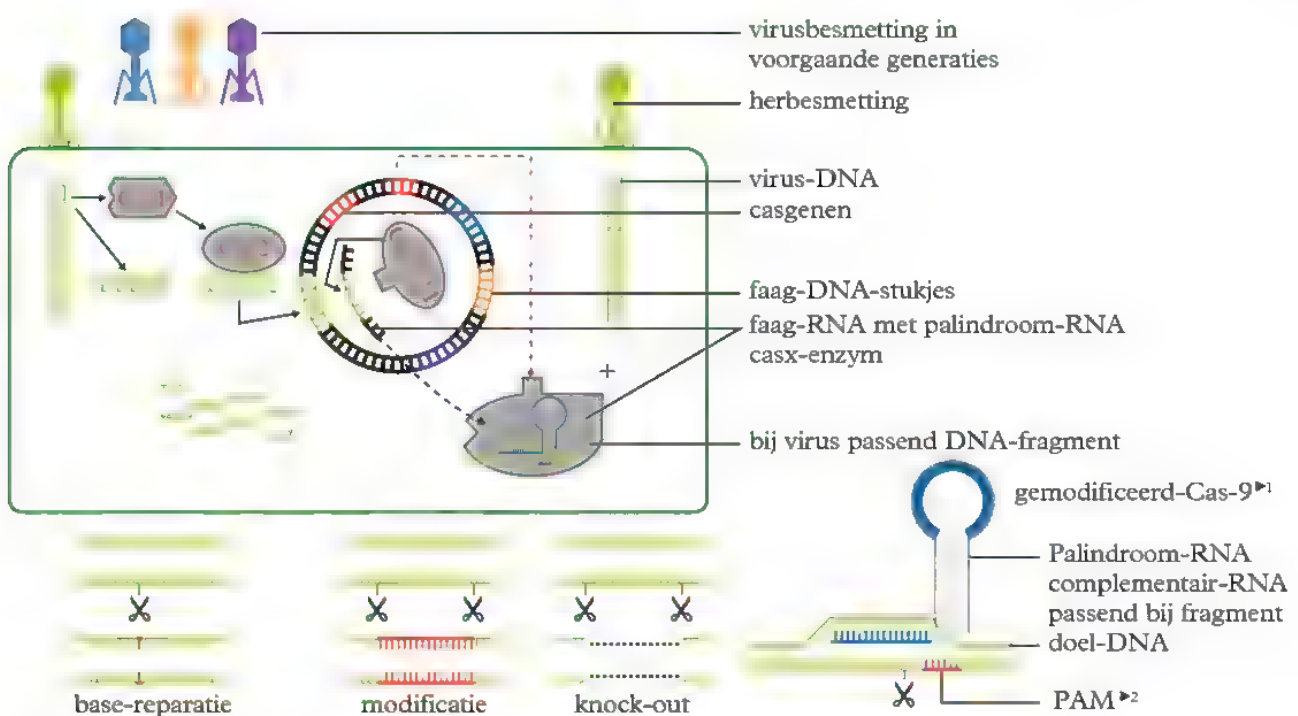
symbolen	verklaring
I, II, III en IV	'lussen' (gebieden zonder basenparing)
a, b, c, d en e	helixgebieden (met basenparing), of 'armen'
o	nucleotiden; basenparing is aangegeven met een puntlijn
R en Y	purine- en pyrimidinenucleotiden
T en Ψ	ribothymidine en pseudoüridine
*	gewijzigde base
n1, n2, n3 en n4	resp. 0-1, 1-3, 1-3 en 0-2 nucleotiden in dihydroüracil-lus



- |  |   |
|--|---|
| Bad, activator                         | adaptoreiwit                              |
| Bcl-2, apoptoseremmer                  | procaspase 8 of 9                         |
| inactief BCL-2                         | caspase 8 of 9 veroorzaakt kettingreactie |
| Bak, geeft als groepje membraanlekkage | diverse andere caspases                   |
| Bax, geeft als groepje membraanlekkage | stimuleert                                |
| cytochroom-c                           | remt                                      |
| actieve fosfaatgroep                   | proces                                    |
|  | verplaatsing                              |



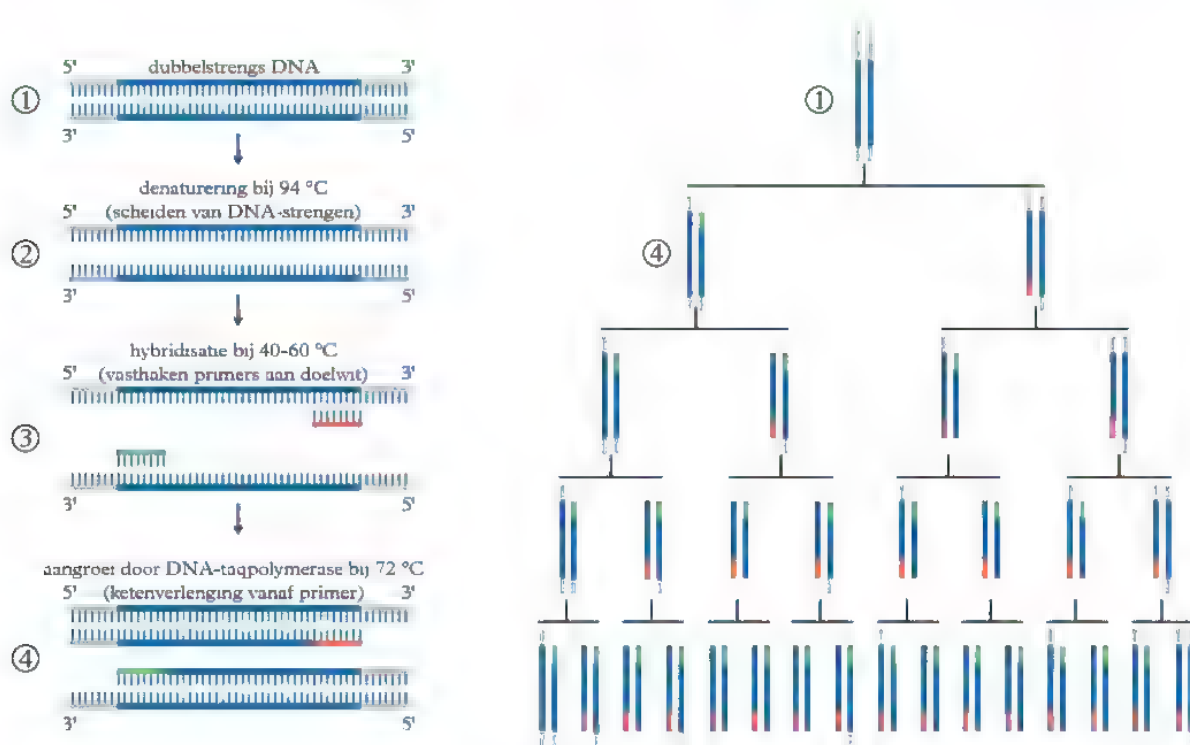
## Natuurlijke CRISPR-werking in een bacterie



1 ► Biotechnologie: Cas9 is zo bewerkt dat het alle gewenste DNA-stukjes kan wegknippen en inbouwen.

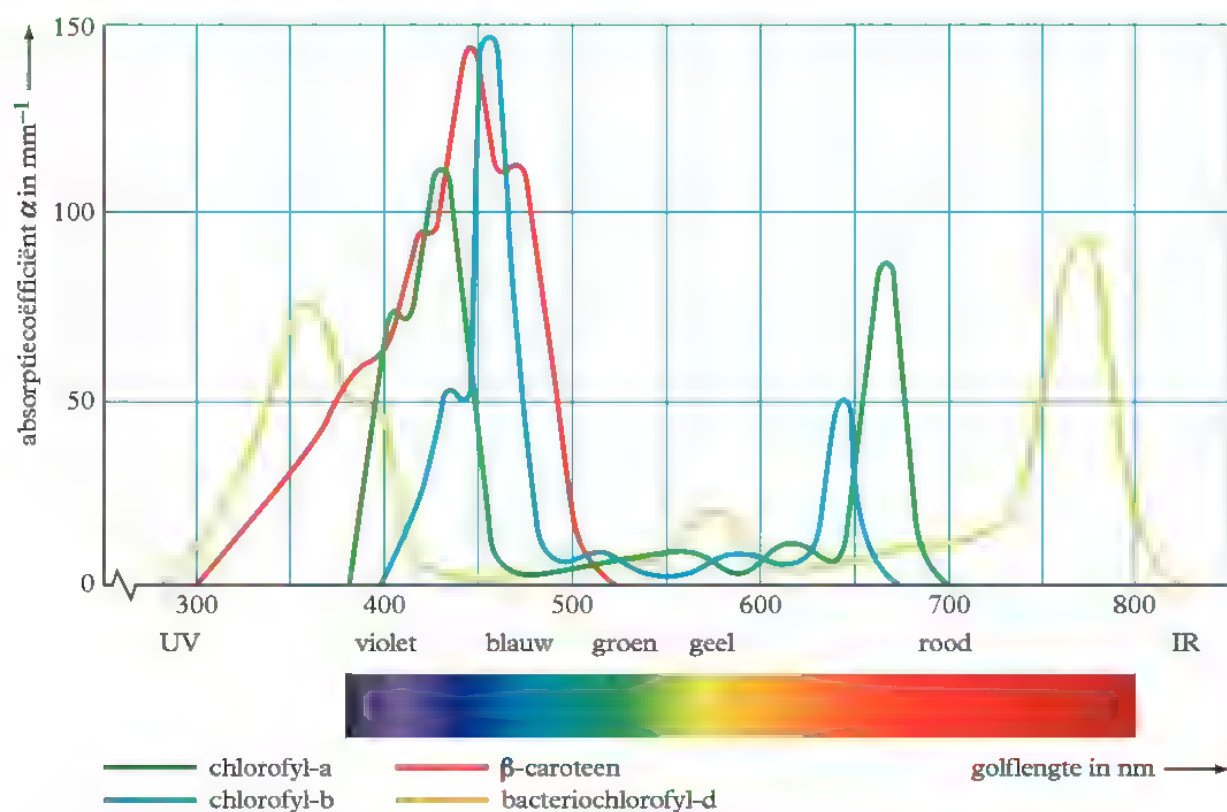
2 ► PAM: een noodzakelijk stukje DNA voor knipvermogen.

## 3 Polymerase-kettingreactie (PCR-methode)



■ Bij deze techniek is een speciale warmtebestendige DNA-taqpolymerase nodig (taq = *Thermus aquaticus*).

## Absorptiespectra van enkele fotopigmenten



■  $\alpha = \epsilon [A] l$ ; zie tabel 37E.



relatieve meeloopsnelheden in loopvloeistof petroleumether 92% / aceton 8%

<i>pigment</i>	<i>Rf-waarde</i>	<i>pigment</i>	<i>Rf-waarde</i>
$\beta$ -caroteen	0,98	chlorofyl-a	0,38
$\alpha$ -caroteen	0,78	chlorofyl-b	0,21
luteïne (bladxanthofyl)	0,69	andere pigmenten	0,00
violaxanthol	0,55		

## pH-traject van enkele lichaamsvloeistoffen

<i>lichaamsvloeistof</i>	<i>pH-traject</i>	<i>lichaamsvloeistof</i>	<i>pH-traject</i>
bloed	7,3 - 7,5	speeksel	6,5 - 7,5
darminhoud	4,8 - 8,0	urine	4,8 - 8,4
gal	6,8 - 7,0	zweet	3,8 - 6,5
maaginhoud	1,0 - 3,0		

## Osmotische waarden

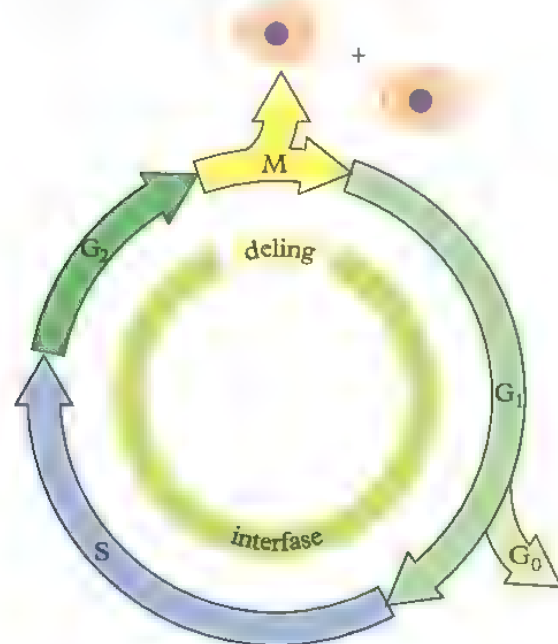
gemeten bij  $T = 293 \text{ K}$  en  $p = p_0$

	<i>massa in</i> <i>100 g water</i>	<i>concentratie</i> <i>g L<sup>-1</sup></i>	<i>concentratie</i> <i>10<sup>-3</sup> mol L<sup>-1</sup></i>	<i>osmotische</i> <i>waarde</i> <i>10<sup>6</sup> Pa</i>
	<i>g</i>	<i>g L<sup>-1</sup></i>	<i>10<sup>-3</sup> mol L<sup>-1</sup></i>	<i>10<sup>6</sup> Pa</i>
D-fructose	0,5	5,0	28	0,06
D-glucose	1,0	10,0	56	0,13
	2,0	20,1	112	0,27
	3,0	30,3	168	0,42
	4,0	40,6	225	0,57
	5,0	50,9	282	0,71
	6,0	61,3	340	0,87
	7,0	71,8	398	1,03
	8,0	82,4	457	1,19
	9,0	93,1	516	1,35
	10,0	103,9	576	1,52
	15,0	159,0	881	2,46
NaCl	0,5	5,0	86	0,39
	1,0	10,1	172	0,77
	2,0	20,2	346	1,54
	3,0	30,6	523	2,34
	4,0	41,1	703	3,15
	5,0	51,7	885	3,96
	6,0	62,5	1069	4,76
	7,0	73,4	1256	5,53
	8,0	84,5	1445	6,29
ureum	1,0	10,0	167	0,40
	2,0	20,1	334	0,79
	3,0	30,2	503	1,20
	5,0	50,6	842	2,03
	10,0	102,5	1707	4,20
	15,0	155,9	2595	6,20
bloedplasma				0,74 (gemiddeld)

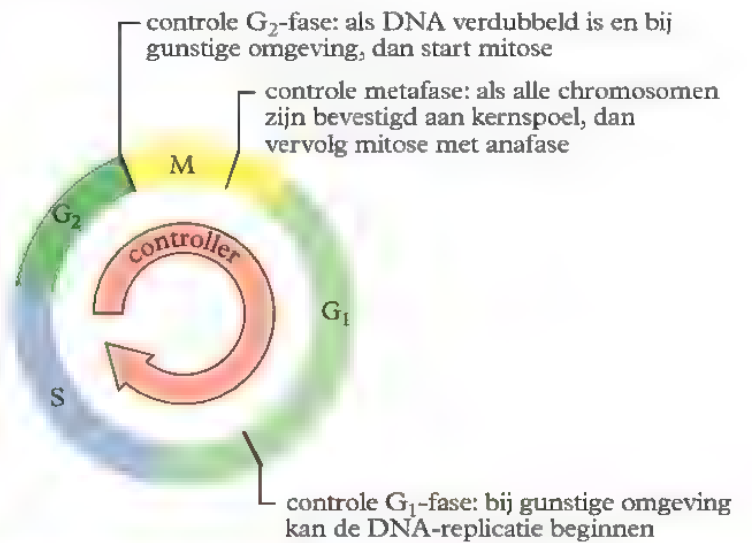
### De vier fasen van een eukaryotische celcyclus

M = M-fase: mitose (celdeling)  
 G<sub>1</sub> = G<sub>1</sub>-fase: stofwisseling en celgroei  
 S = S-fase: DNA-replicatie (DNA-synthese)  
 interfase = G<sub>1</sub>-fase + S-fase + G<sub>2</sub>-fase

G<sub>2</sub> = G<sub>2</sub>-fase: stofwisseling en celgroei, synthese van membranen en andere organellen  
 G<sub>0</sub> = G<sub>0</sub>-fase: cellen delen (een lange periode) niet meer



### Controle van de celcyclus



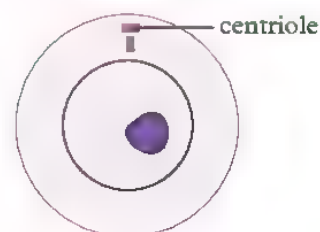
■ Bij een menselijke cel in celweek duurt de interfase 23 à 24 uur en de M-fase 1 uur.

## Mitose en meio

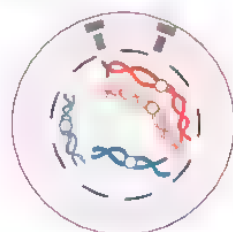
1

### Mitose

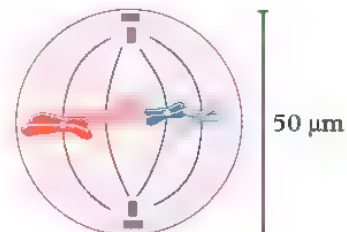
#### ① interfase (2n)



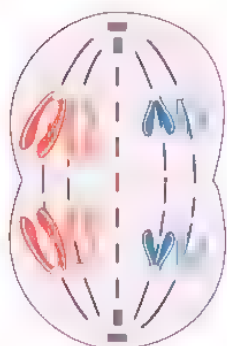
#### ② profase



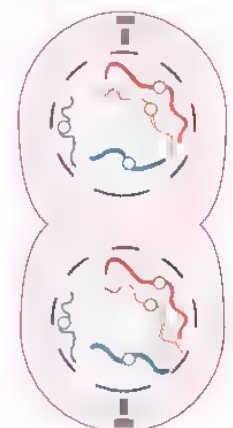
#### ③ metafase



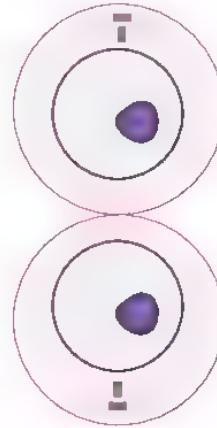
#### ④ anafase



#### ⑤ telofase en cytokinese



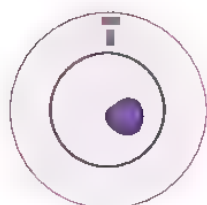
#### ⑥ interfase (2n)



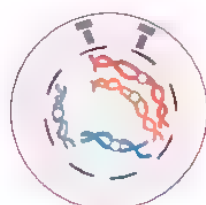
Meiose I; met crossing-over

2

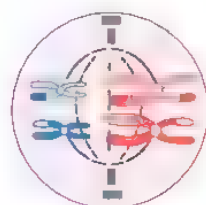
① *interfase* ( $2n$ )



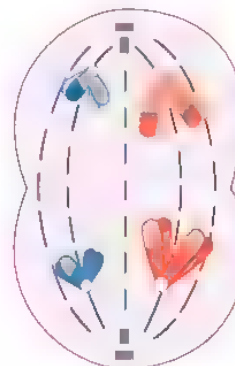
② *vroege profase I*



③ *metafase I*



④ *anafase I*



⑤ *telofase I en cytokinese*



Meiose II

3

⑥ *interkinese* ( $n$ )



⑦ *profase II* ( $n$ )



⑧ *metafase II*



⑨ *anafase II*



⑩ *telofase II en cytokinese* ( $n$ )



■ Voor rijping gameten; zie tabel 86D.

Telomeer van de mens

4



telomeer van de mens aan weerszijden van elk chromosoom

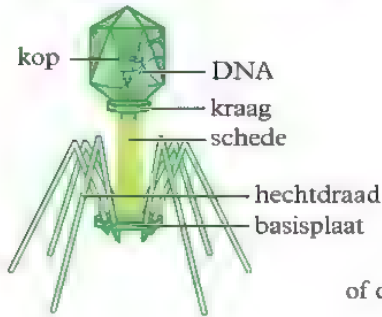
$n$  maakt de herhaling 3000-20000 basen lang

In sterk delende weefsels blijft  $n$  op waarde door telomerase, een reverse transcriptase.

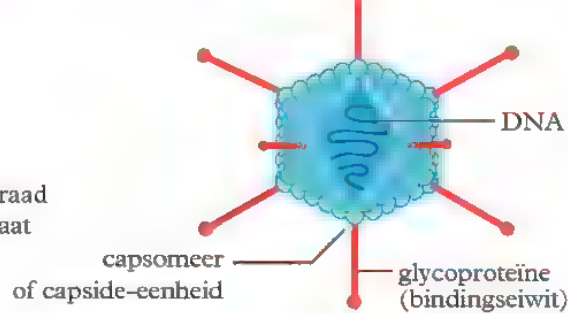
# Virussen

## Enkele virusvormen

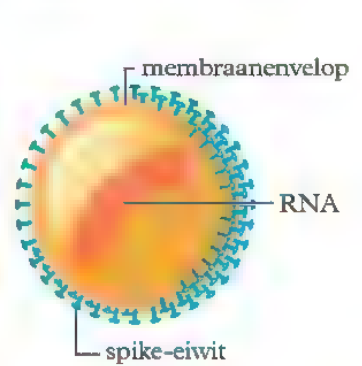
voorbeeld van een bacteriofaag (T-faag)



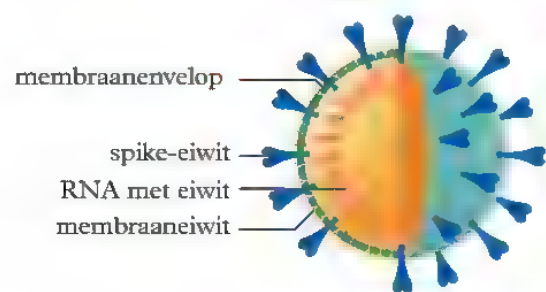
adenovirus



influenzavirus



coronavirus



grootte: (4 - )200 nm

100 nm

100 nm

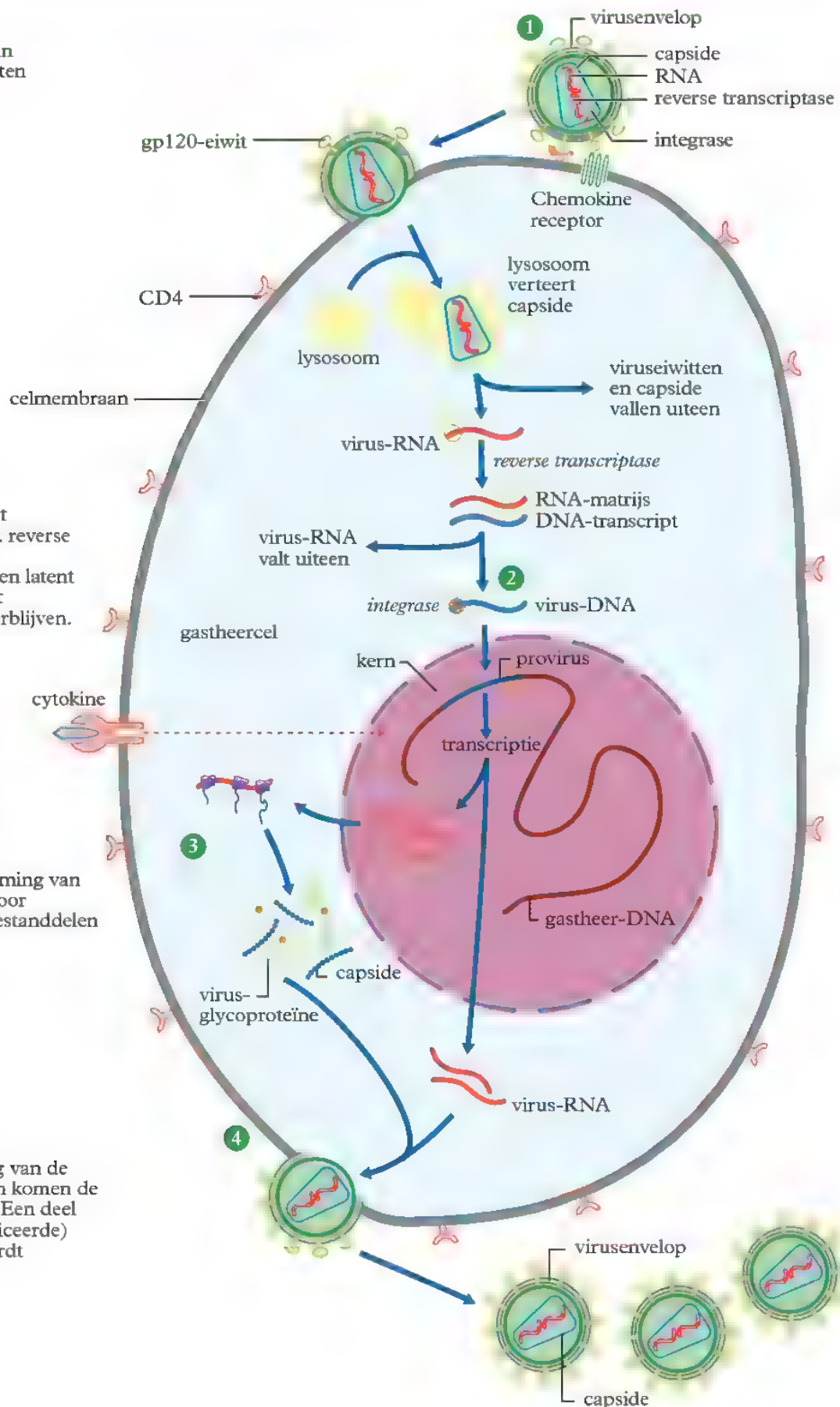
groep	subgroep	voorbeelden/ziekten
I. DNA (dubbelstrengs)	papovavirus	papilloma (menselijke wratten, baarmoederhalskanker); polyoma (tumoren in bepaalde dieren)
	adenovirus	ziekten van de luchtwegen; tumoren in bepaalde dieren
	herpesvirus	Herpes simplex I (koortsuitslag); Herpes simplex II (genitale zweren); Varicella zoster (waterpokken, gordelroos); Epstein-Barr-virus (ziekte van Pfeiffer, Burkitt's lymfoom)
	pokkenvirus	pokken; vaccinia (koepokken)
II. DNA (enkelstrengs)	parvovirus	roseola; de meeste parvovirussen zijn voor hun groei afhankelijk van infectie met adenovirussen
III. RNA (dubbelstrengs)	reovirus	diarree; milde ziekten van de luchtwegen
IV. RNA, kan dienen als mRNA	picornavirus	poliovirus; rhinovirus (verkoudheid); darmvirussen; MKZ-virus (mond- en klauwzeer)
	togavirus	rubellavirus (rodehondvirus); gelekoortsvirus; virussen die hersenontsteking veroorzaken
	rhabdovirus	rabiës (hondsdoelheid)
V. RNA, matrijs voor mRNA	paramyxovirus	mazelen; bof
	orthomyxovirus	influenzavirussen (griepvirussen)
	coronavirus	Covid-19, SARS en MERS
	retrovirus	RNA-tumorvirussen (b.v. leukemievirussen); HIV (AIDS-virus)

1  
Hechting virus aan  
oppervlakte-eiwitten

2  
Vorming DNA uit  
virus-RNA m.b.v. reverse  
transcriptase.  
Het DNA kan jaren latent  
als provirus in het  
gastheer-DNA verblijven.

3  
Na activering vorming van  
virus-RNA en (door  
translatie) virusbestanddelen

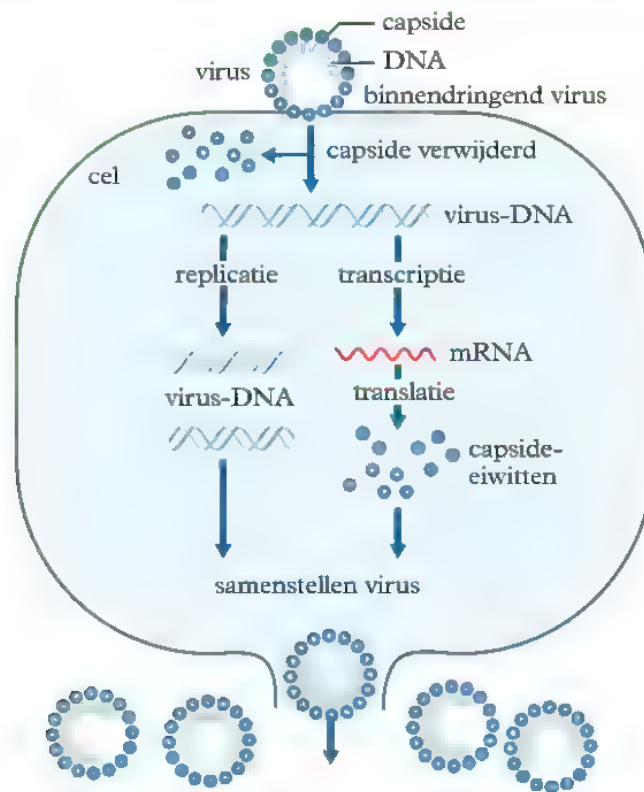
4  
Na samenvoeging van de  
virusbestanddelen komen de  
virusdeeltjes vrij. Een deel  
van het (gemodificeerde)  
celmembraan wordt  
meegenomen als  
virusenvelop.





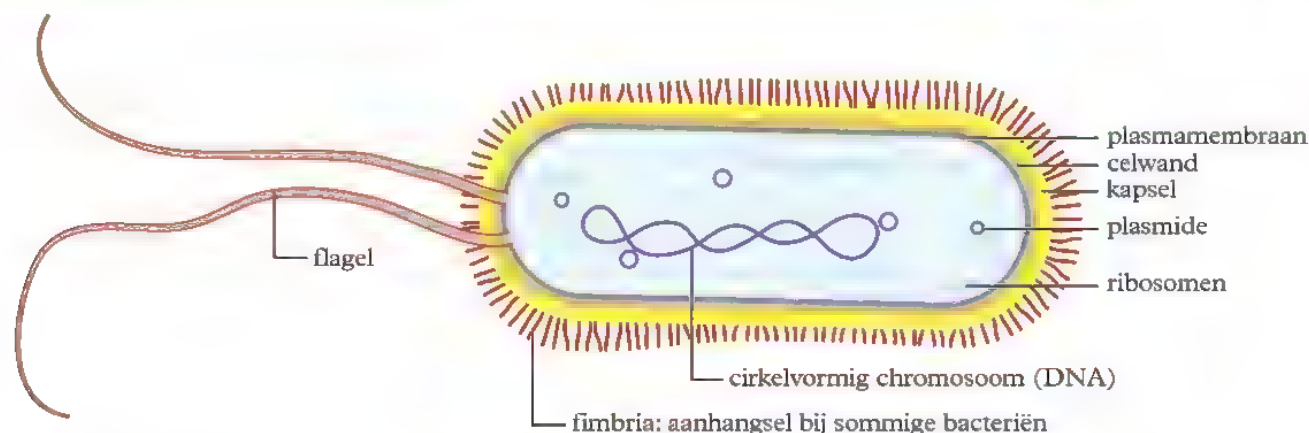
## Virussen

### Cyclus DNA-virus



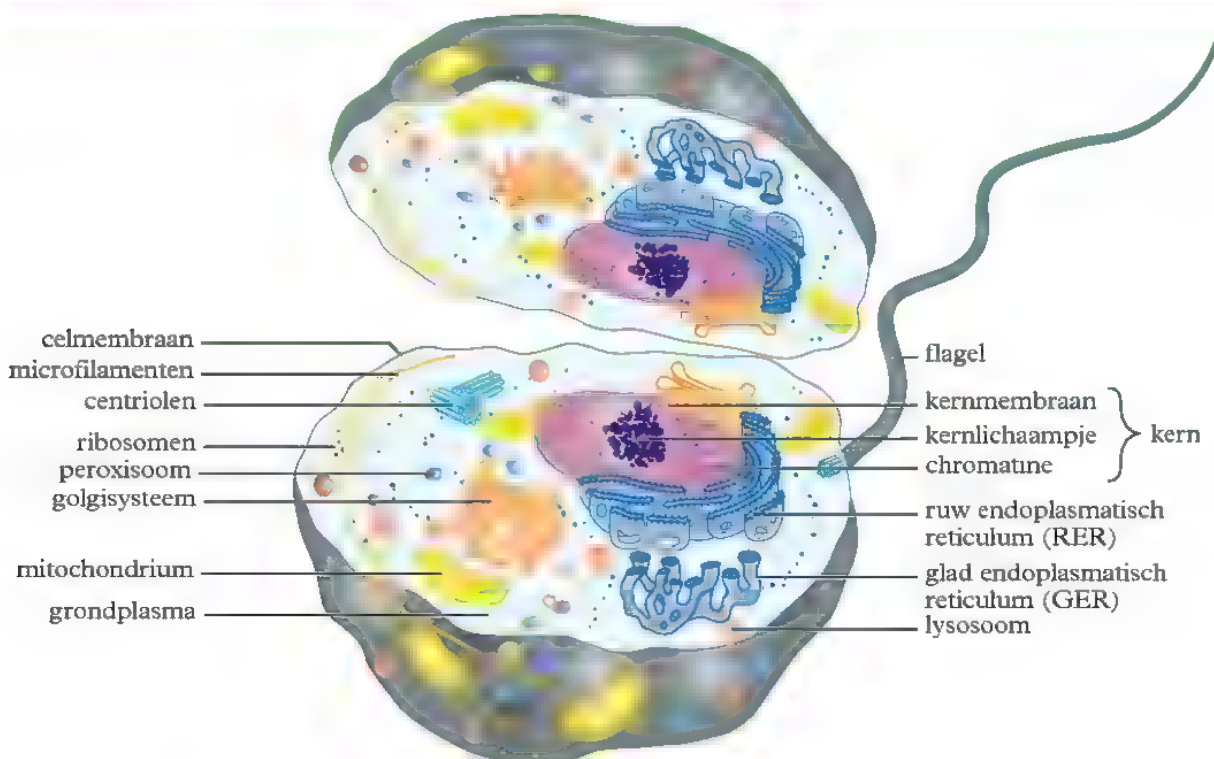
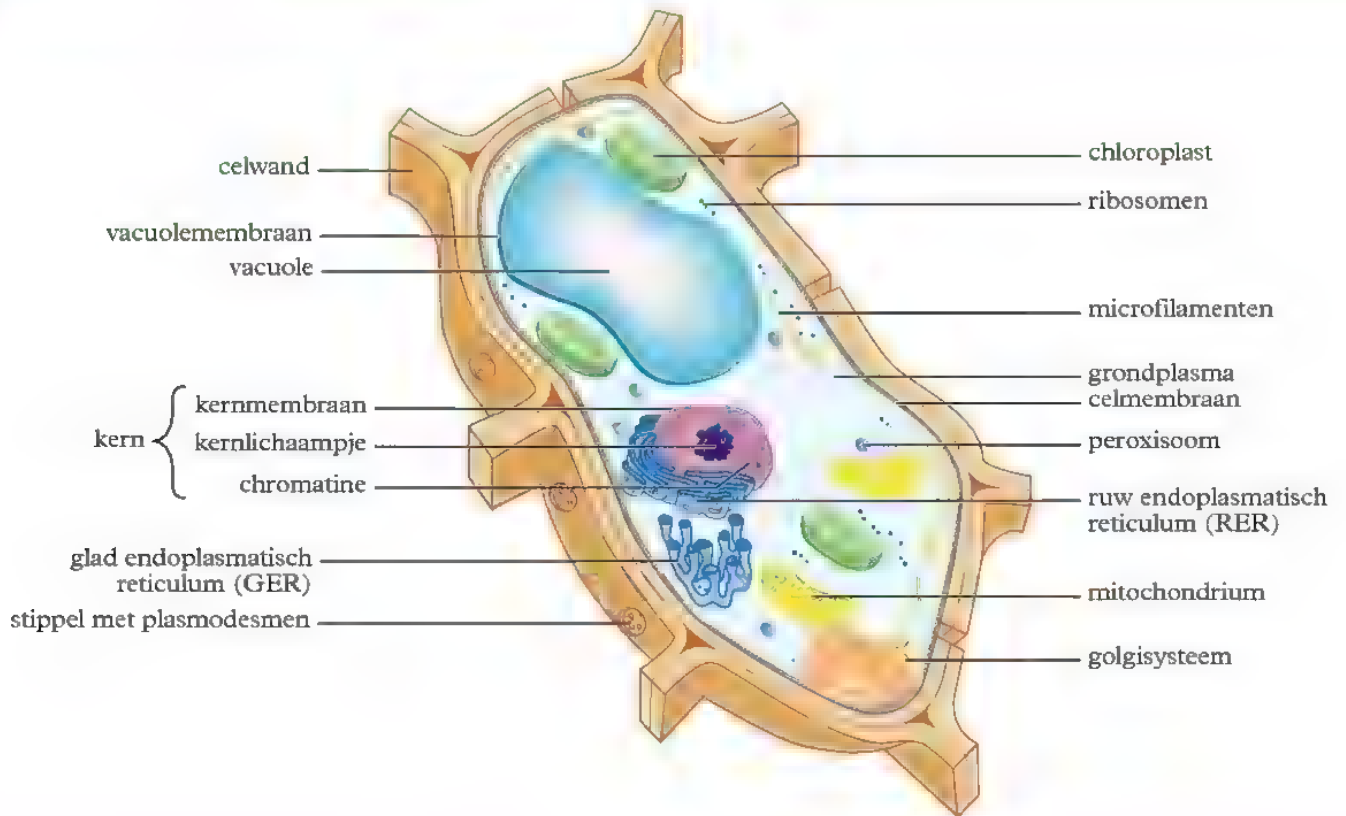
## De vier rijken

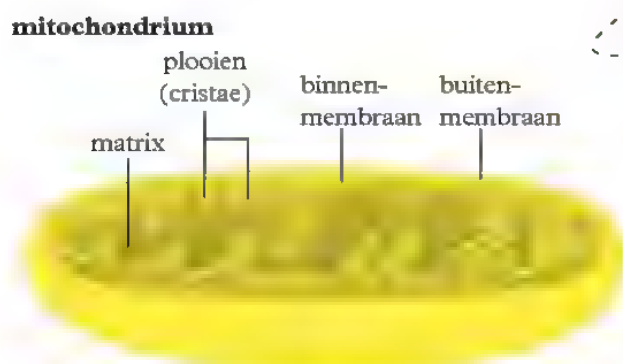
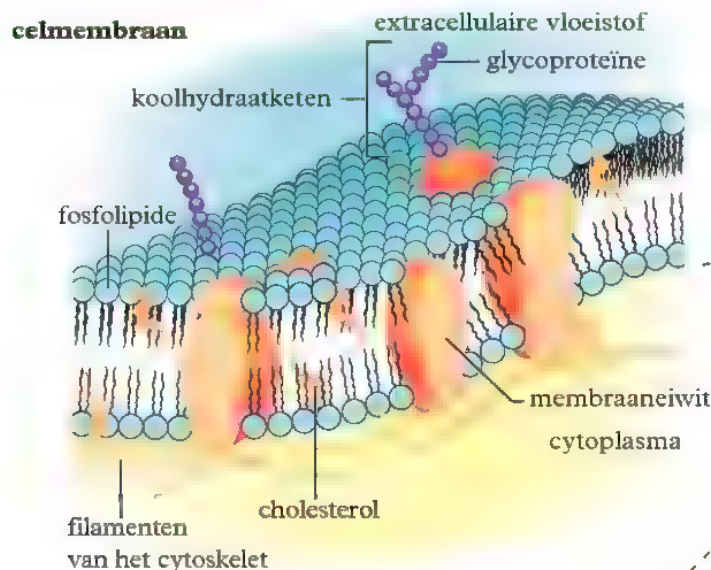
<i>rijk</i>	<i>voeding</i>	<i>grootte cellen</i>	<i>celkern</i>	<i>celwand</i>	<i>grote vacuole</i>
1 planten	autotroof, behalve enkele parasieten	10-100 $\mu\text{m}$	ja, eukaryoot	om elke cel	ja
2 dieren	heterotroof	10-100 $\mu\text{m}$	ja, eukaryoot	geen	nee
3 schimmels	heterotroof	10-100 $\mu\text{m}$	ja, eukaryoot	om elke cel	ja
4 bacteriën	heterotroof, sommige autotroof	1- 10 $\mu\text{m}$	nee, DNA vrij in grondplasma, prokaryoot	om elke cel	nee



bacterievorm	voorbeelden van geslachten	voorbeelden van soorten	belangrijkste kenmerken
staafje	Bacillus	Bacillus subtilis	sporenvormende bacterie, veel gebruikt in het laboratorium
	Bacterium	Chlorobacterium spec.	fotosynthetiserende bacterie
		Clostridium botulinum	strikt anaerobe gram-positieve sporenvormende bacterie, veroorzaker van botulisme middels een zeer giftig toxine (botuline)
		Lactobacillus bulgaricus	melkzuur-(yoghurt-)vormende gram-positieve bacterie
		Listeria monocytogenes	gram-positief, overleeft in rauwmelkse producten, heeft flagel, veroorzaker listeriosis
		Escherichia coli	gram-negatieve darmbacterie, veel gebruikt in laboratoria en indicator voor (fecale) verontreiniging van oppervlaktewater (i.v.m. kwaliteit zwemwater); een veroorzaker van urineweginfecties
		Salmonella spec.	gram-negatief, veroorzaker van voedselvergiftiging via o.a. rauw vlees en kruisbesmetting, ernstige vormen zijn tyfus en paratyfus
vibrio	Vibrio	Bdellovibrio bacteriovorus	gram-negatieve endoparasiet van bacteriën, met hoge dissimilatiesnelheid
		Desulfovibrio desulfuricans	strikt anaerobe H <sub>2</sub> S-vormende bacterie
		Vibrio cholerae	gram-negatieve verwekker van cholera
spiril	Spirillum	Thiospirillum jenense	purperen zwavelbacterie, fotosynthetiserende bacterie met H <sub>2</sub> S als waterstofdonor
			
spirocheet	Spirochaeta	Spirochaeta plicatilis	saprofytische bacterie
		Treponema pallidum	veroorzaker van syfilis
		Leptospira	
		icterohaemorrhagiae	veroorzaker van de ziekte van Weil
(mono)kok	Micrococcus	Methanococcus vannielii	methaanvormende bacterie
		Ruminococcus flavefaciens	cellulose-afbrekende bacterie in de pens van herkauwers
diplokok	Diplococcus	Neisseria gonorrhoea	veroorzaker van gonorroe (druiper) (gram-negatief)
		Neisseria meningitidis	veroorzaker van hersenvliesontsteking (nekkramp)
tetrakok	Chroococcus	Chroococcus spec.	fotosynthetiserende cyanobacterie
	Sarcina		(zowel 1, 2 als 4 cellen bij elkaar)
streptokok	Streptococcus	Streptococcus lactis	melkzuurvormende bacterie (gram-positief)
		Streptococcus spec.	veroorzaker van roodvonk (gram-positief)
		Enterococcus faecalis	veroorzaker urineweginfecties (gram-positief)
stafylokok	Staphylococcus	Staphylococcus aureus	gram-positieve facultatief anaerobe bacterie, veroorzaker van voedselvergiftiging door toxine, ook bekend als de MRSA-bacterie in ziekenhuizen
			

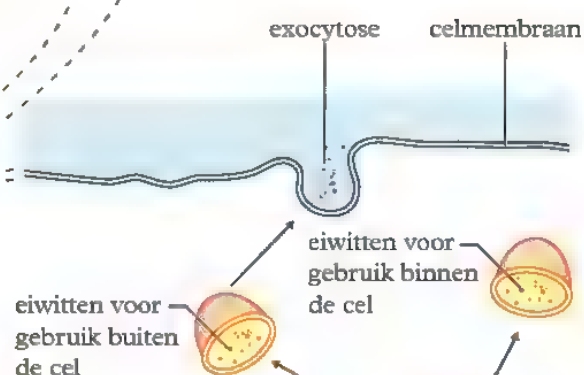
■ Bacteriën worden ingedeeld in gram-negatieve en gram-positieve bacteriën. Deze indeling betreft een kleuringsverschil door celwandverschillen, die passen bij gevoeligheid voor antibiotica. Gram-negatieve bacteriën zijn doorgaans resistentier.





**ribosoom**  
kleine subeenheid

grote subeenheid



golgisysteem

ribosoom

ruw endoplasmatisch reticulum

transportblaasjes (endosoom)

stroomrichting materiaal

kern



*type stamcel*

embryonale stamcel

(maximaal 4 dagen na bevruchting)

embryonale stamcel

(tot 9 dagen)

embryonale stamcel

(na ontstaan kiemlagen ecto-, endo- en mesoderm)

somatische- of weefselstamcel

*mogelijkheden*

totipotent: kan tot alles differentiëren, ook tot nieuw organisme

pluripotent: kan tot alles differentiëren binnen het embryo, laatste moment voor ontstaan meerling

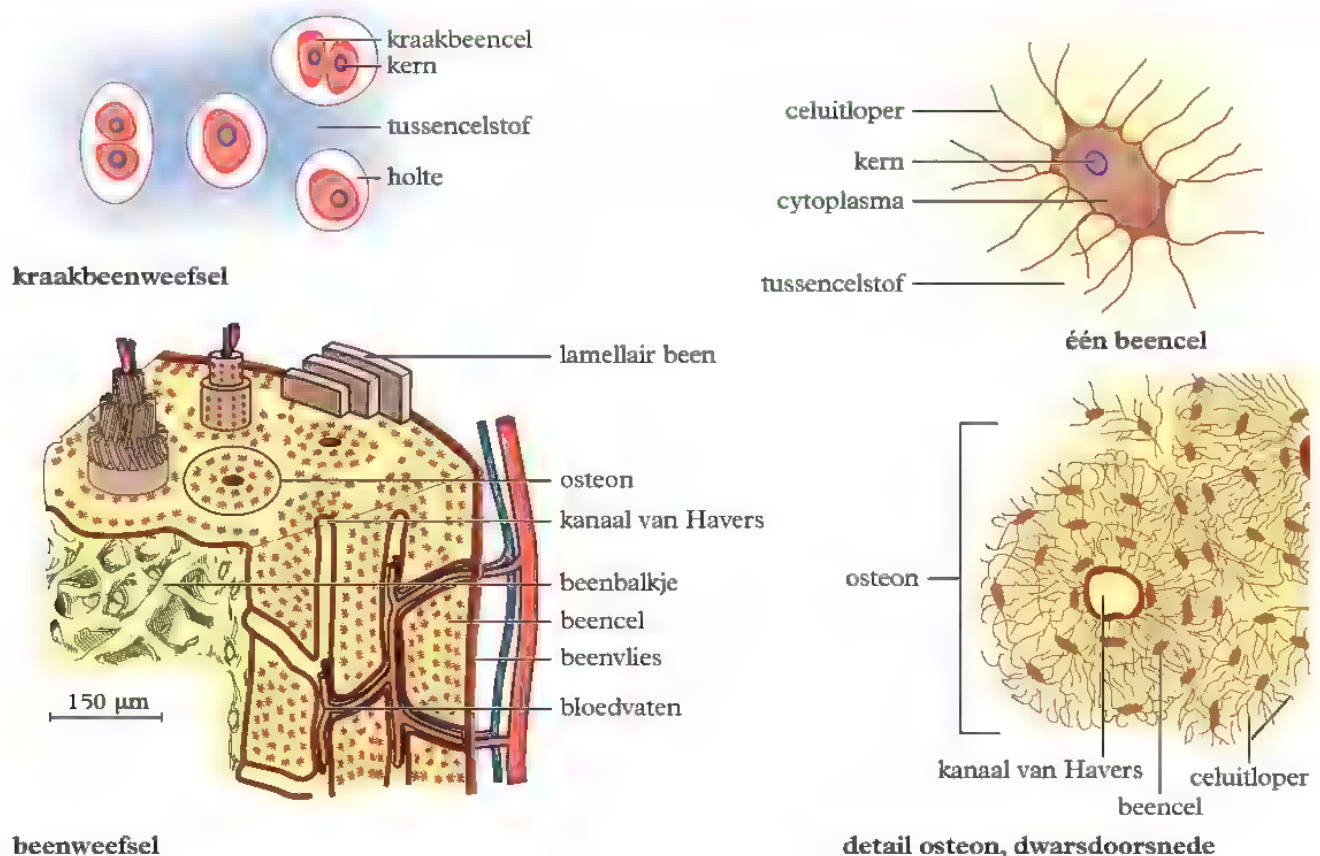
multipotent: differentiatie tot alle cellen binnen de eigen kiemlaag; de cellen zijn gedetermineerd

unipotent: differentiatie tot cellen binnen het weefsel waarin de stamcel zich bevindt

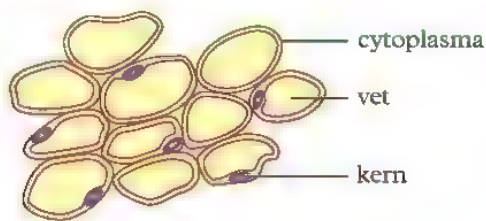
## Dekweefsel (epitheel)



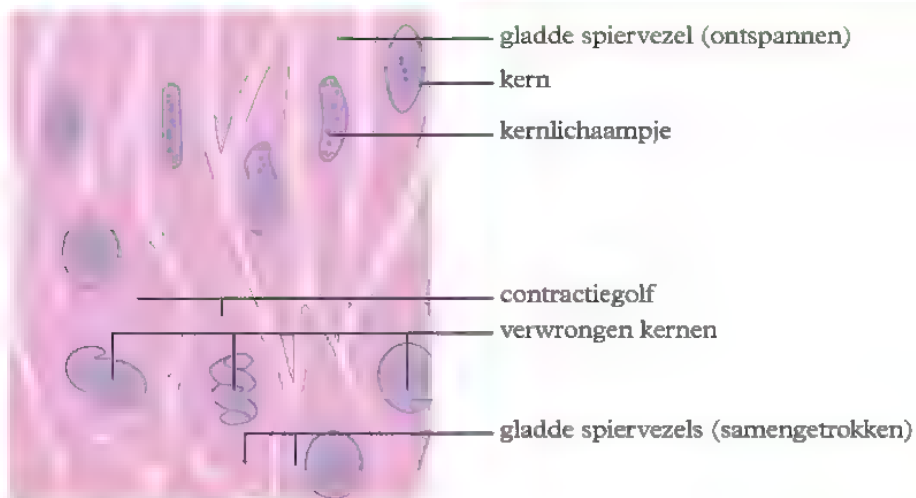
## Steunweefsel





**vetweefsel**

Vetweefsel is een bijzonder type bindweefsel.  
De kernen zijn opzij gedrukt.

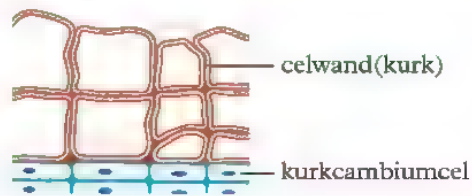
**glad spierweefsel****dwarsgestreept spierweefsel****hartspierweefsel**

B1

# Plantaardige weefsels

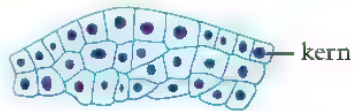
A

## Dekweefsel

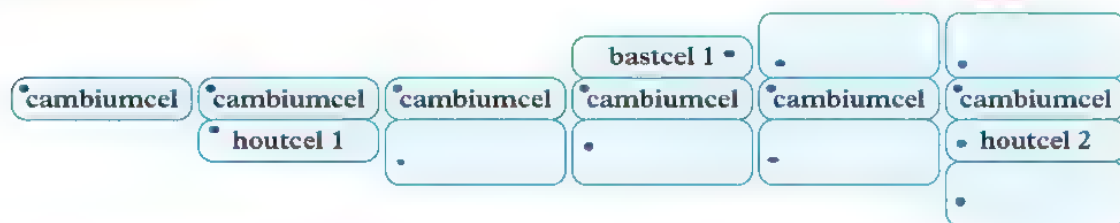


B

## Deelweefsel

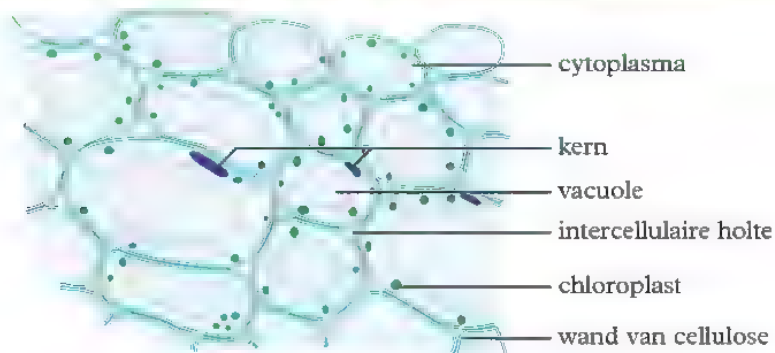


topmeristeem



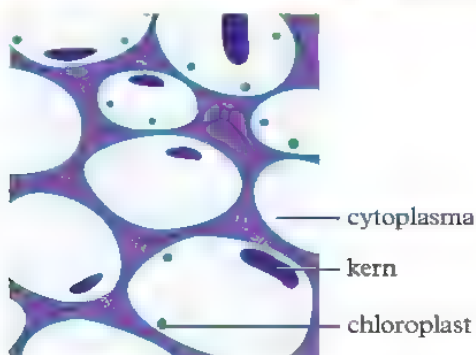
C

## Parenchym

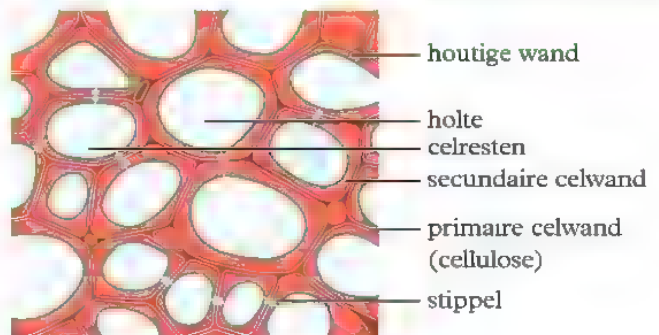


D

## Steunweefsel



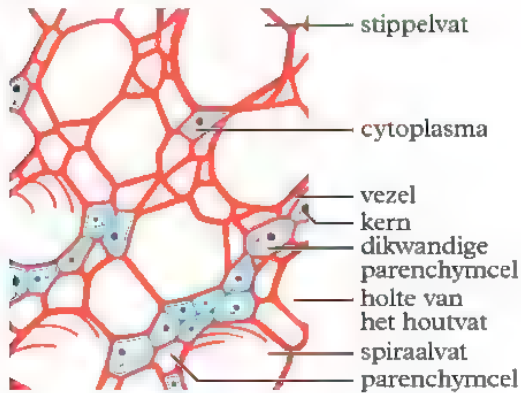
collenchym  
(verdikte hoeken)



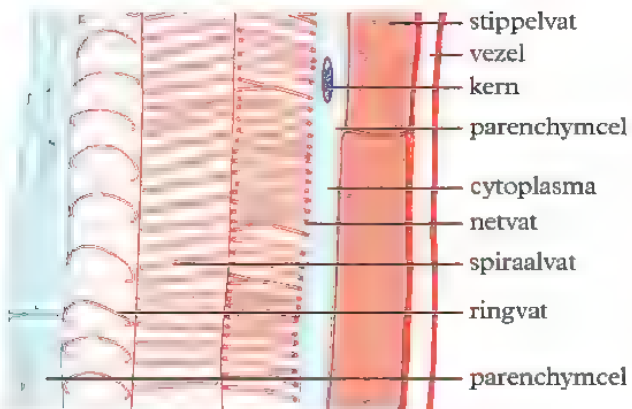
sclerenchym  
(verdikte wanden)

### xyleem (hout)

*dwarsdoorsnede*

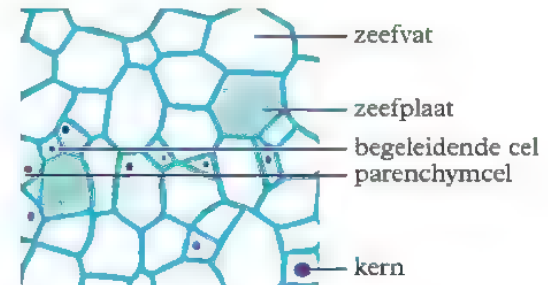


*lengtedoorsnede*

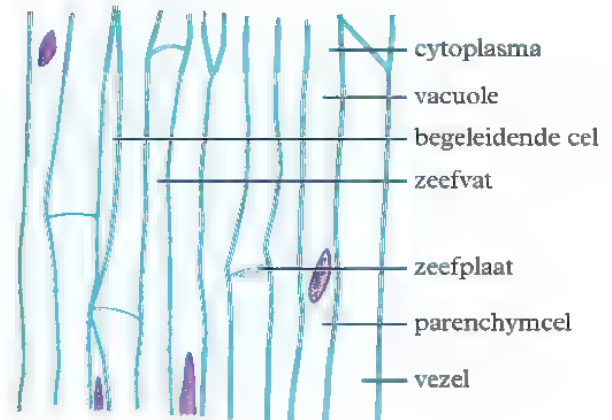


### floëem (bast)

*dwarsdoorsnede*



*lengtedoorsnede*



<i>vitamine</i>	<i>nut</i>	<i>bron (N.B. ADH geldt voor volwassen vrouw en man)</i>	<i>opmerkingen</i>
A1 retinol 1917	onderdeel van rhodopsine (oogpigment) – stimuleert ontwikkeling en differentiatie van bloedcellen en in de embryonale fase van diverse organen, waaronder botontwikkeling	lever, margarine eieren, vis, via $\beta$ -caroteen ADH 800-1000 $\mu$ g	schade bij overdosis – extra toediening zelden nodig – voorkomt nachtblindheid
$\beta$ -caroteen provitamine A1	antioxidant – omzetting naar vitamine A1	fruit m.n. mango en mandarijn en groenten m.n. spinazie en wortels	overdosis via supplementen kan bij rokers risico op longkanker verhogen – 1 $\mu$ g levert plm 0,1 $\mu$ g retinol
B1 thiamine 1926	co-enzym bij vet- en koolhydraatmetabolisme en productie enkele neurotransmitters	volkorenbrood, (varkens)vlees, aardappelen, vliesrijst ADH 1,0-1,5 mg	extra toediening zelden nodig – tekort kan ontstaan bij overmatig alcoholgebruik
B2 riboflavine 1936	vormt onderdeel van o.a. FAD – onderdeel van diverse stofwisselingsenzymen – belangrijk voor zenuwstelsel, stofwisseling, haar en huid	melk, vlees, in mindere mate groenten en fruit ADH 1,0-1,1 mg	bij tekort mondhoek-infecties en ontstoken slijmvliezen – bloedarmoede – E101
B3 nicotine- zuur, nicotinamide 1937	voorloperstof van nicotinamidedeel van NAD/ NADP – energievoorziening cellen – rol in het zenuwstelsel en de huid	zuivel, vlees, graanproducten, groenten, fruit ADH 15-20 mg	ook eigen synthese uit tryptofaan – tekort is zeldzaam – E375
B5 panthotheenzuur 1930	onderdeel van co-enzym A – belangrijk bij afbraak van eiwitten, vetten en koolhydraten – rol bij vorming hormonen	melk, aardappelen, brood, vlees groenten	tekort is zeldzaam
B6 pyridoxine / pyridoxal / pyridoxamine 1934	onderdeel van plm 100 enzymen – rol bij biosynthese aantal neurotransmitters – rol bij vorming heem in hemoglobine	kip, lever, eieren, vis, brood, aardappelen, peulvruchten, rijst ADH 1,3-1,7 mg	tekort is zeldzaam – overdosis geeft schade aan zenuwstelsel (geheugen en denken) en veroorzaakt lichtovergevoelig- heid
B8 biotine	rol bij opbouw en afbraak van koolhydraten en eiwitten, opbouw van vetzuren, invloed op haar en huid – zorgt voor opname vitamine C uit darmen	eieren, melk, lever, sojaproducten, noten, volkorenproducten, synthese door darmbacteriën ADH 400 $\mu$ g	tekort is zeldzaam – huidaandoeningen – anemie
B11 foliumzuur / folaten 1939	rol bij vorming rode bloedcellen – bij vorming DNA en RNA – ontwikkeling zenuwstelsel foetus	groene groenten, fruit, lever, gist, volkorenproducten ADH 300 $\mu$ g	folaten zijn zeer instabiel, daarom als synthetisch foliumzuur in voedingssupplement – foliumzuur is schadelijk bij overdosis – spina bifida (open ruggetje)

<i>vitamine</i>	<i>nut</i>	<i>bron (N.B. ADH geldt voor volwassen vrouw en man)</i>	<i>opmerkingen</i>
B12 cobalamine 1948	rol bij vorming rode bloedcellen – vorming myelineschedes – rol bij (trans-)aminering – beïnvloedt stofwisseling van foliumzuur	lever, vlees, vis, melk, kaas, eieren ADH 2,8 µg	waarschijnlijk enige cobalthoudende stof – tekort ontstaat meestal door verstoorde opname of langdurig veganisme – lichaam legt voorraad aan – preventie van diverse vormen van anemie en neurologische beschadigingen
C L-ascorbine-zuur 1932	antioxidant - stimuleert opname van ijzer - co-enzym van > 800 enzymen - invloed op weerstand – synthese collageen	fruit, m.n. paprika, kiwi en citrusvruchten, spruitjes, aardappels ADH 70 mg	temperatuurgevoelig – synergie van vitamine C en bepaalde flavonoiden – overdosis verdwijnt via nieren – eigen synthese bij aantal zoogdiersoorten – chronisch tekort veroorzaakt scheurbuik: loszittende tanden, bloedingen, anemie, bot- en spierpijn – E300
D2 ergocalciferol  D3 cholecalciferol 1919	rol bij calcium- en fosfaatopname in dunne darm – idem reabsorptie in nieren – afzetting in bot en gebit – goed functioneren spieren, zenuwen en bloedstolling – immuunrespons	vette vis, levertraan, paddestoelen, toegevoegd aan margarine ADH 5-10 µg	omgezet tot werkzame hormoon calcitriol – via zonlicht eigen productie in de huid – overdosis geeft schade aan hart en nieren – tekort dreigt bij mensen met permanent bedekte huid of sterke pigmentatie – tekort oorzaak spierzwakte – werking D3 10x zo sterk als D2
E D-α-tocoferol 1922	antioxidant – rol bij aanmaak rode bloedcellen – belangrijk voor spieren	plantaardige oliën, granen, noten, zaden ADH 9,3-11,8 mg	tekort komt zelden voor – overdosis schadelijk voor weefsels
F linolzuur 1929	rol bij decarboxylering – verlagend effect op cholesterolgehalte in bloed	plantaardige oliën	voor vitamine aangezien bij ontdekking in 1929, maar essentieel onverzadigd vetzuur – toegevoegd aan vele vetten en oliën
K1 fylloquinon  K2 menaquinon 1935	synthese van trombinogeen en andere bloedstollingscomponenten – botvorming	K1: bladgroenten, tomaten K2: kaas, ei, vlees, melk	vanaf 3 <sup>e</sup> maand via darmbacteriën – tekort bij leverziekten en darmaandoeningen – overdosis zeldzaam (mogelijk trombose)
Q ubiquinon 1957	als co-factor in de elektronen-transportketen	eigen synthese	vaak gebruikt als supplement Q10 – alleen verlaging bloeddruk bewezen



nummer	stoffen	functie
100	curcumine	kl
101	lactoflavine	kl
101	riboflavine	kl
102	tartrazine	kl
104	chinolinegeel	kl
110	zonnegeel FCF, oranjegeel S	kl
120	cochenille, karmijnzuur, karmijn	kl
122	azorubine, karmozijn	kl
123	amarant	kl
124	ponceau 4R, cochenillerood	kl
127	erythrosine	kl
128	rood 2G	kl
129	allurarood AC	kl
131	patentblauw V	kl
132	indigotine, indigokarmijn	kl
133	briljantblauw FCF	kl
140	chlorofylen en chlorofylinen	kl
141	kopercomplexen van chlorofylen en chlorofylinen	kl
142	groen S, briljantzuurgroen	kl
150	caramellen	kl
151	briljantzwart BN, zwart PN	kl
153	carbo medicinalis vegetabilis (actieve kool)	kl
154	bruin FK	kl
155	bruin HT	kl
160	carotenoiden	kl
161	xanthofylen	kl
162	bietenrood, betanine	kl
163	anthocyanen	kl
170	calciumcarbonaat	ak, kl
171	titaandioxide	kl
172	ijzeroxiden en ijzerhydroxiden	kl
200	sorbinezuur	cs
202, 203	sorbaten	cs
210, 211	benzoaten	cs
214 t/m	ethylesters van <i>p</i> -hydroxy- benzoëzuurverbindingen	cs
217	benzoëzuurverbindingen	cs
220	zwaveligzuur	cs
234	nisine	cs
235	natamycine (pimaricine)	cs
249 t/m	nitrieten	cs
252		
260	azijn(zuur)	cs, vz, zr
261 en	acetaat (kalium-)	vz, zr
263		
270	melkzuur	vz, zr

nummer	stoffen	functie
280	propionzuur	cs
290	koolstofdioxide	cs, dg
296	appelzuur	vz, zr
297	fumaarzuur	vz
300	ascorbinezuur	ao, bm, zr
301, 302	ascorbaten	ao, bm, zr
306 t/m	tocoferolen (concentraat)	ao, em
309		
310 t/m	gallaten	ao
312		
315	erythorbinezuur	ao
316	ascorbaat (natriumiso-)	ao
316	natriumerythorbaat	ao
320	butylhydroxyanisol (BHA)	ao
321	butylhydroxytolueen (BHT)	ao
322	lecithine	bm, cs, em, st, vd
325 t/m	lactaten	vz, zr
327		
330	citroenzuur	cv, vz, zr
331 t/m	citraten	cv, vz, zr
333		
334	wijnsteenzuur	cv, vz, zr
335 t/m	tartraten	cv, vz, zr
337		
338	fosforzuur	cv, zr
339 t/m	fosfaten	ak, bm, cv, em, gm, rm, sz, st, zr
341		
363	barnsteenzuur	oi
380	citraten	cv, vz, zr
400	alginezuur	gm, st, vd
401 t/m	alginaten	gm, st, vd
405		
401	ascorbaat	zr
406	agar-agar	gm, st, vd
407	carrageen	st, vd
408	furcelleraan	gm
410	johannesbroodpitmeel	st, vd, vm
412	guargom	st, vd, vm
413	tragacanth	st, vd
414	arabische gom	st, vd
415	xanthaangom	st, vd, vm
416	karayagom	vd
417	taragom	st, vd
420	sorbitol	bv, st, vs, zs
421	mannitol	vs, zs

nummer	stoffen	functie
422	glycerol	bv, oi
432 t/m	polyoxyethyleen-20-	em
436	sorbitaanvetzuren	
440	pectine	gm, st, vd
442	ammoniumfosfatiden	em
450 t/m	fosfaten (di-)	ak, bm, cv,
452		em, gm, rm,
		sz, st, zr
460 t/m	cellulosen	em, gm, st,
466		vd, vm
471	mono- en diglyceriden van vetzuren	em
472	veresterde mono- en diglyceriden van vetzuren	em
474	suikerglyceriden	em
475	polyglycerolesters van vetzuren	em
476	polyglycerolpolyricinoleaat	em
482	calciumstearoyl-2-lactylaar	em
491, 492,	sorbitaanvetzuren	em
494		
503	carbonaat (ammonium-)	rm
509	calciumchloride	ak, sz, st
510	ammoniumchloride (salmiak)	oi
541	fosfaat (natriumaluminium-)	ak, bm, cv,
		em, gm, rm,
		sz, st, zr
552, 554,	silicaten	ak
559		
570	vetzuren	oi
575	gluconodeltalacton	vz
578	guanylaar (calcium-)	sv

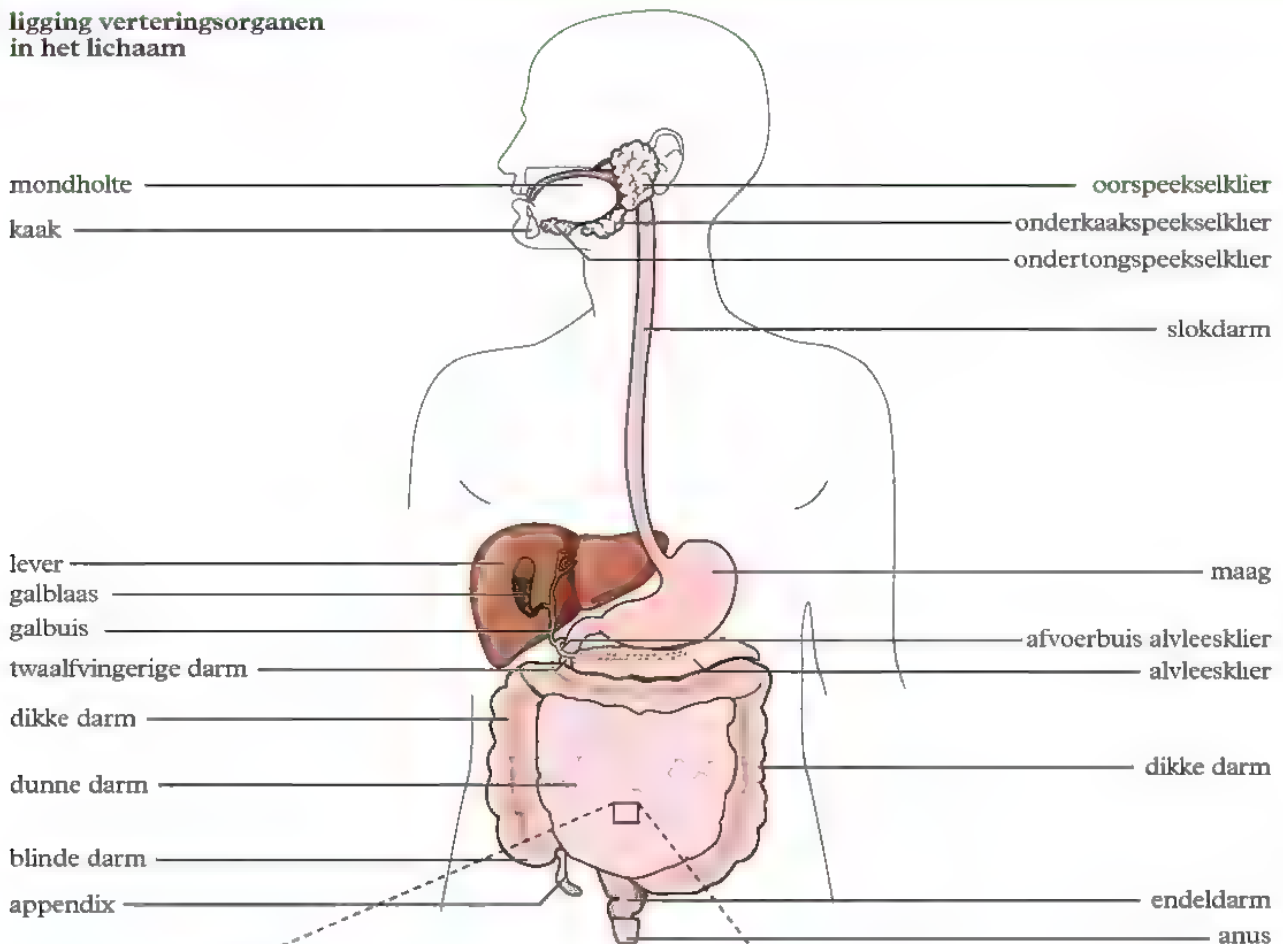
## betekenis van de afkortingen

ak	antiklontermiddel
ao	antioxidant
bm	brood-/meelverbeteraar
bv	bevochtigingsmiddel
cs	conserveermiddel
cv	complexvormer
dg	drijfgas/verpakkingsgas
em	emulgator
ez	enzym
gl	glansmiddel
gm	geleermiddel
kl	kleurstof

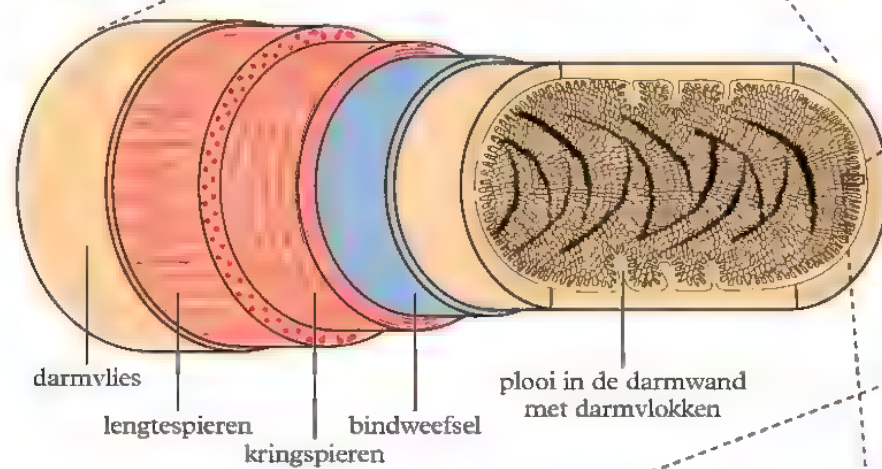
nummer	stoffen	functie
620 t/m	glutamaten	sv
625		
626	guanylzuur	sv
627	guanylaten	sv
630	inosinezuur	sv
631 t/m	inosinaten	sv
633		
640	glycine	bv, oi
640	natriumglycinaat	oi, zr
901	bijenwas, wit en geel	gl
902	candellilawas	gl
903	carnaubawas	gl
938	argon	dg
939	helium	dg
941	stikstof(gas)	dg
948	zuurstof	dg
950	acesulfaam	zs
951	aspartaam	zs
952	cyclamaar	zs
953	isomalt	vs, zs
954	sacharine (en het natrium-, kalium- en calciumzout)	zs
957	thaumatine	zs
959	neohesperidine	zs
965	maltitol	vs, zs
966	lactitol	vs, zs
967	xylitol	zs
1102	glucose-oxidase	ez
1103	invertase	ez
1105	lysozym	ez
1200	polydextrose	vs
1440	hydroxypropylzetmeel	gm, st, vd
1442	hydroxypropyldizetmeelfosfaat	gm, st, vd

## betekenis van de afkortingen

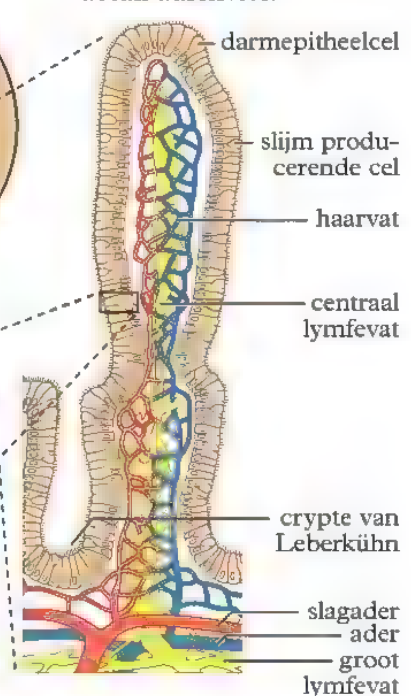
oi	overig(e) ingrediënt/hulpstof
rm	rijsmiddel
st	stabilisator
sv	smaakversterker
sz	smeltzout
vd	verdikkingsmiddel
vm	verstevigingsmiddel
vs	vulstof
vz	voedingszuur
zr	zuurteregelaar
zs	zoetstof

ligging verteringsorganen  
in het lichaam

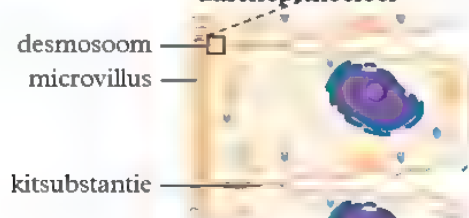
## detail dunne darm



## detail darmvlok

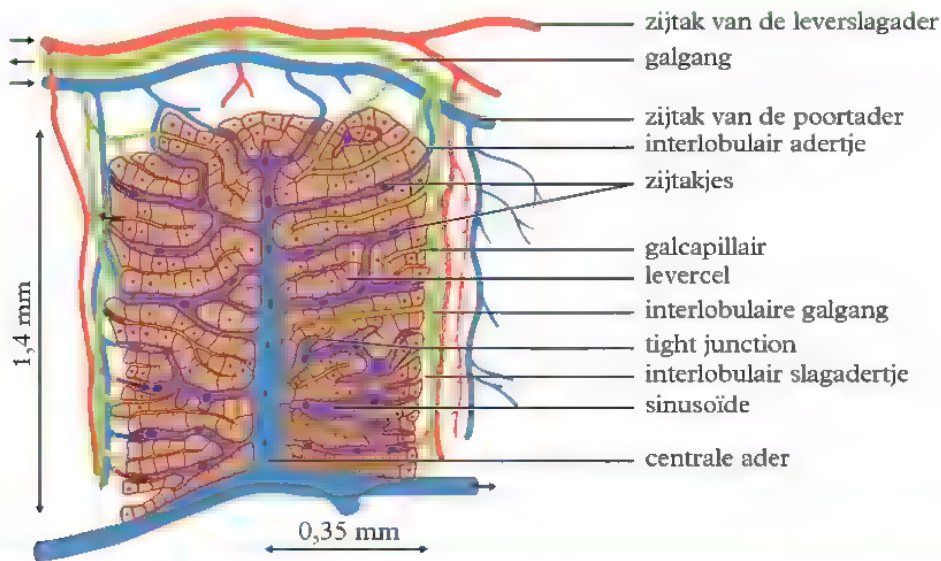


## darmepitheelcel



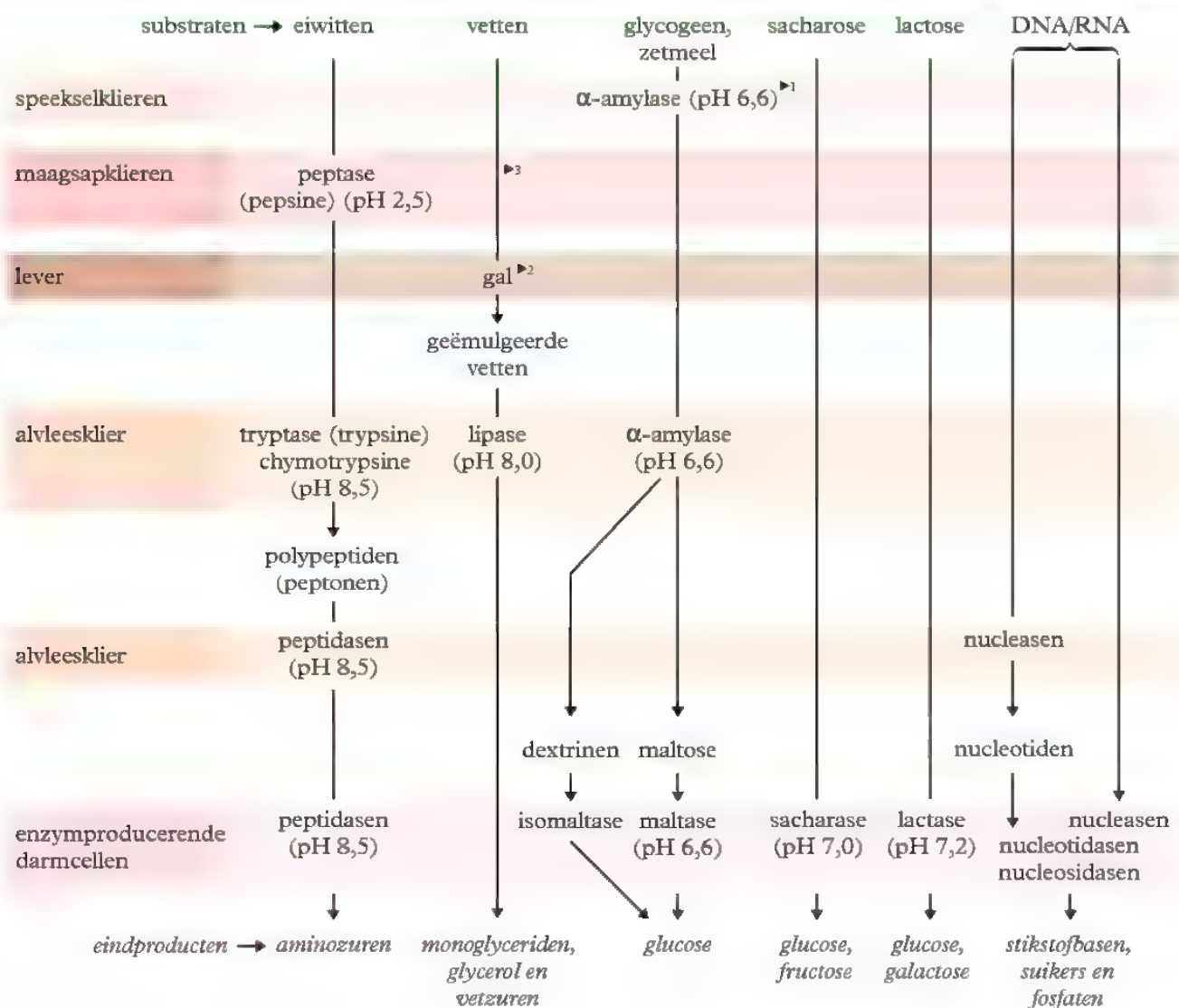
■ De lever is wat te hoog getekend en de galblaas ligt aan de achterzijde van de lever.

■ De illustraties zijn schematische voorstellingen.



## Verteringsenzymen

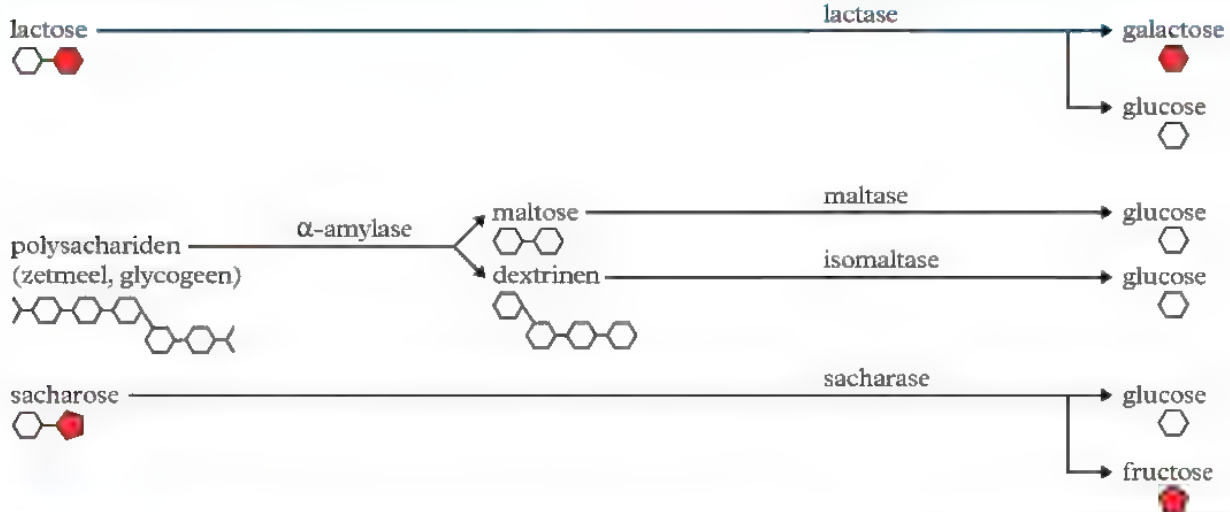
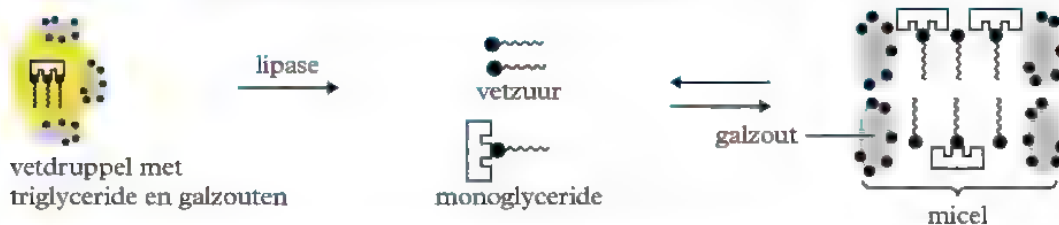
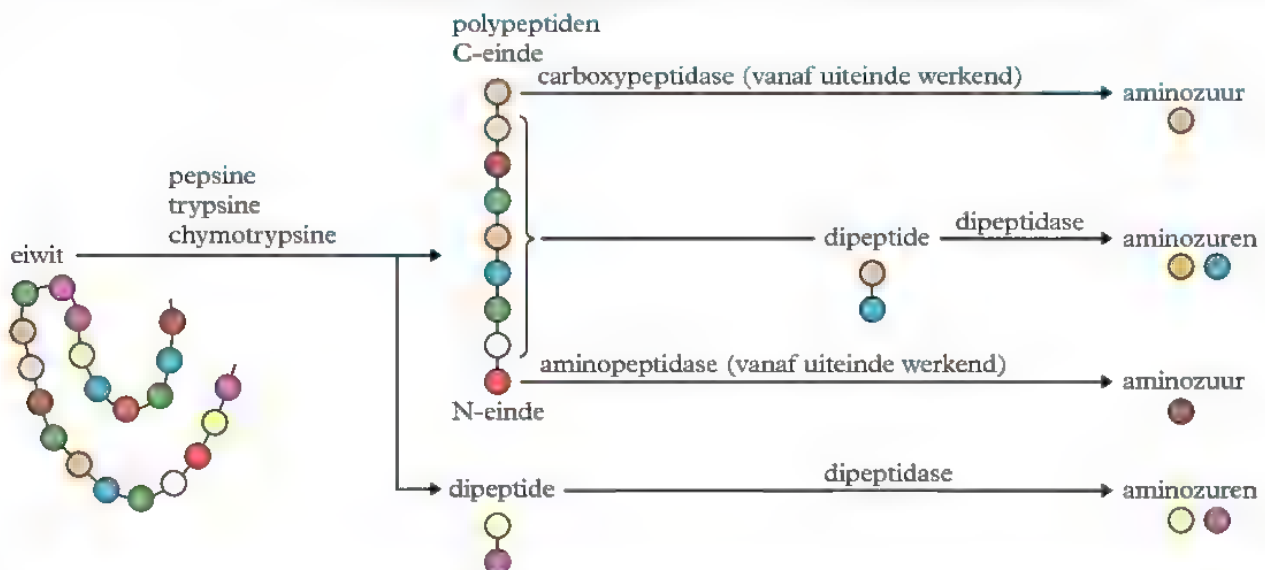
E





<i>verteringssap</i>	<i>samenstelling</i>	<i>functie en bijzonderheden</i>
<b>speeksel</b> 1 - 1,5 L d <sup>-1</sup> pH = 6,0 - 7,5	water	oplosmiddel voor voedingsstoffen
	slijm	maakt voedsel glad
	$\alpha$ -amylase	koolhydraat verterend enzym
	lysozymen	antibacteriële werking; ernstige aantasting van gebit als geen speeksel wordt geproduceerd
	thiocyanaat	
	antistoffen	
<b>maagsap</b> 1,5 - 2,5 L d <sup>-1</sup> pH = 1,5 - 3,5	$\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{HCO}_3^-$	$\text{HCO}_3^-$ neutraliseert $\text{H}^+$ -ionen
	pepsinogeen	pro-enzym van eiwitten verterend enzym pepsine (peptase)
	HCl	doodt micro-organismen; denatureert eiwitten; activeert vorming van pepsine
	intrinsieke factor	bindt vit B12, zodat dit kan worden geresorbeerd; bij te geringe productie bloedarmoede
	slijm	beschermst de maagwand tegen inwerking HCl en enzymen uit het maagsap
	maaglipase	vet verterend enzym, bij baby's, voor vertering van melkvetten
	water	oplosmiddel
	$\text{HCO}_3^-$	neutraliseert HCl uit de maag
<b>alvelessap</b> 1 - 1,3 L d <sup>-1</sup> pH = 7,1 - 8,2	water	oplosmiddel
	trypsinogeen	pro-enzym van eiwitten verterend enzym trypsine (tryptase)
	chymotrypsinogeen	pro-enzym van eiwitten verterend enzym chymotrypsine
	pro-carboxypeptidase	pro-enzym van poly- en oligopeptiden verterend enzym carboxypeptidase
	$\alpha$ -amylase	koolhydraat verterend enzym
	lipase	vet verterend enzym
	fosfolipasen	fosfolipiden verterende enzymen
	cholesterolesterase	cholesterolester verterend enzym
	nucleasen	RNA- en DNA-verterende enzymen
<b>gal</b> 0,3 - 1,0 L d <sup>-1</sup> pH = 7,0 - 7,7	galkleurstoffen	afvalproducten van hemoglobine uitgescheiden door en/of gevormd in de lever
	water	oplosmiddel
	galzuren	emulgeren van vetten
	cholesterol	uitscheiding o.a. voor regulering van de cholesterolspiegel
<b>dunnedarmsap</b> 1,8 - 2,5 L d <sup>-1</sup> pH = 6,5 - 8,0	slijm	beschermst darmwand tegen enzymen en mechanische beschadiging; afgegeven door slijmbekercellen
	water	oplosmiddel; afgegeven door de crypten van Lieberkühn
	lactase	koolhydraat verterende enzymen
	sacharase	
	maltase	
	isomaltase	
	aminopeptidase	poly- en oligopeptiden verterend enzym
	dipeptidasen	dipeptiden verterende enzymen
	nucleasen	RNA- en DNA-verterende enzymen
	nucleotidasen	
	nucleosidasen	
<b>dikkedarmsap</b> 0,2 L d <sup>-1</sup> pH = 7,5 - 8,0	slijm	beschermst de darmwand tegen bacteriën en mechanische beschadiging; gemaakt en afgegeven door slijmbekercellen
	$\text{HCO}_3^-$	neutralisatie van $\text{H}^+$ -ionen; afgegeven door de crypten van Lieberkühn

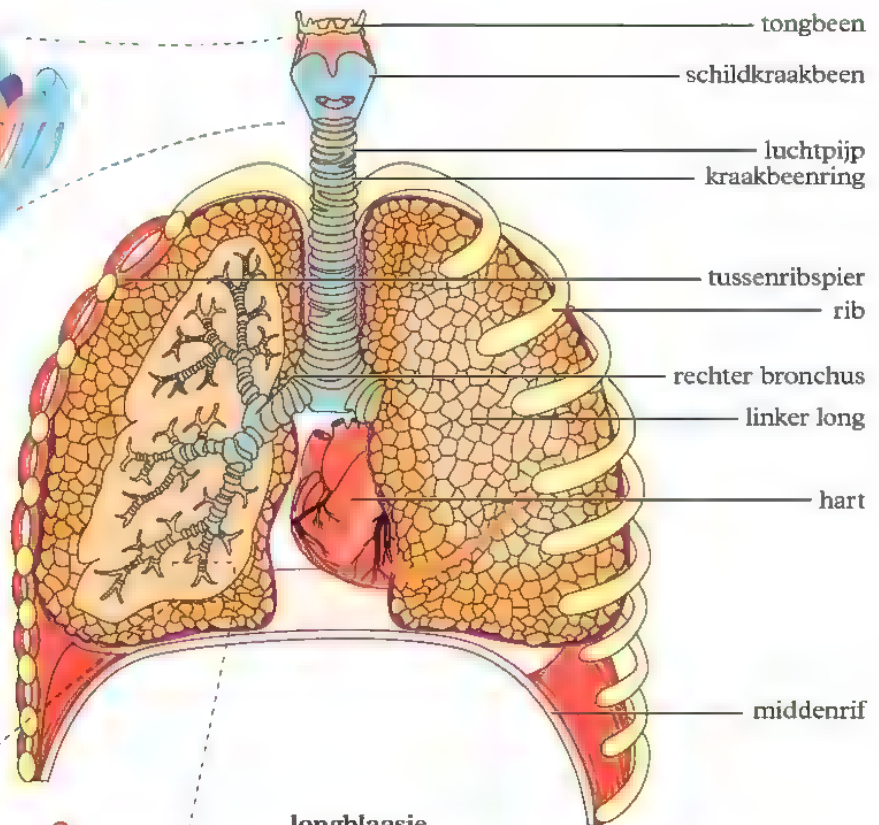


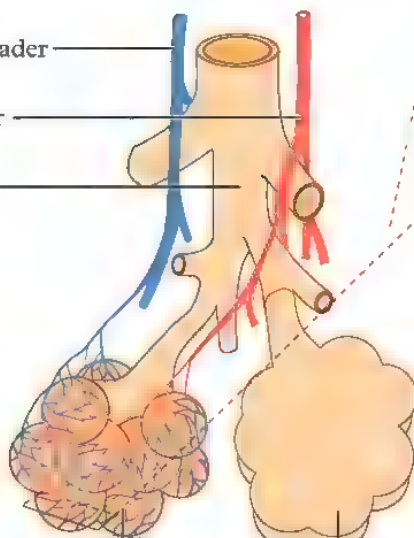
**koolhydraatvertering***in mond en holte dunne darm**in/aan epitheel dunne darm***vetvertering***in holte dunne darm, enige vertering in maag***eiwitvertering***in holte maag en holte dunne darm**in/aan epitheel dunne darm*

■ Voor formules: zie tabellen 67F, G en H.

**bovenaanzicht strottenhoofd  
(stemplooi gesloten)**

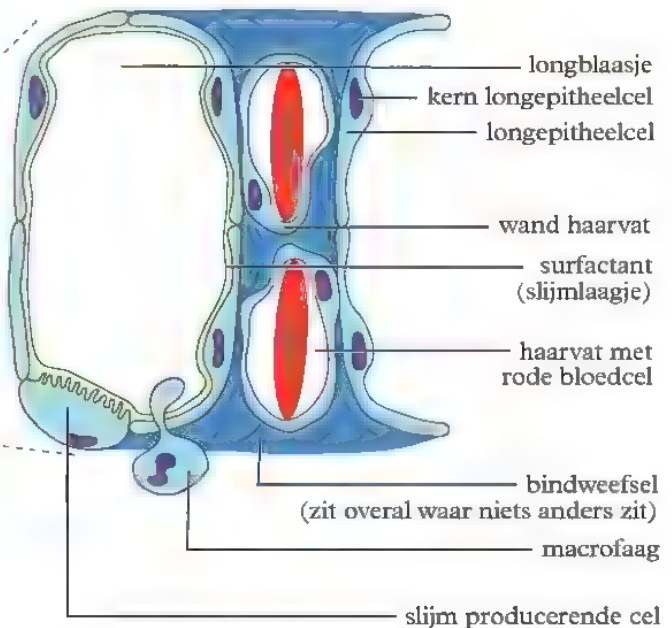
 bekerkraakbeentje  
 stemspier  
 schildkraakbeen

**longen in borstkas**

**longtrechters**

 takje longslagader  
 takje longader  
 bronchiolus

 longblaasje  
 (met haarvaten)

longtrechters

**longblaasje**

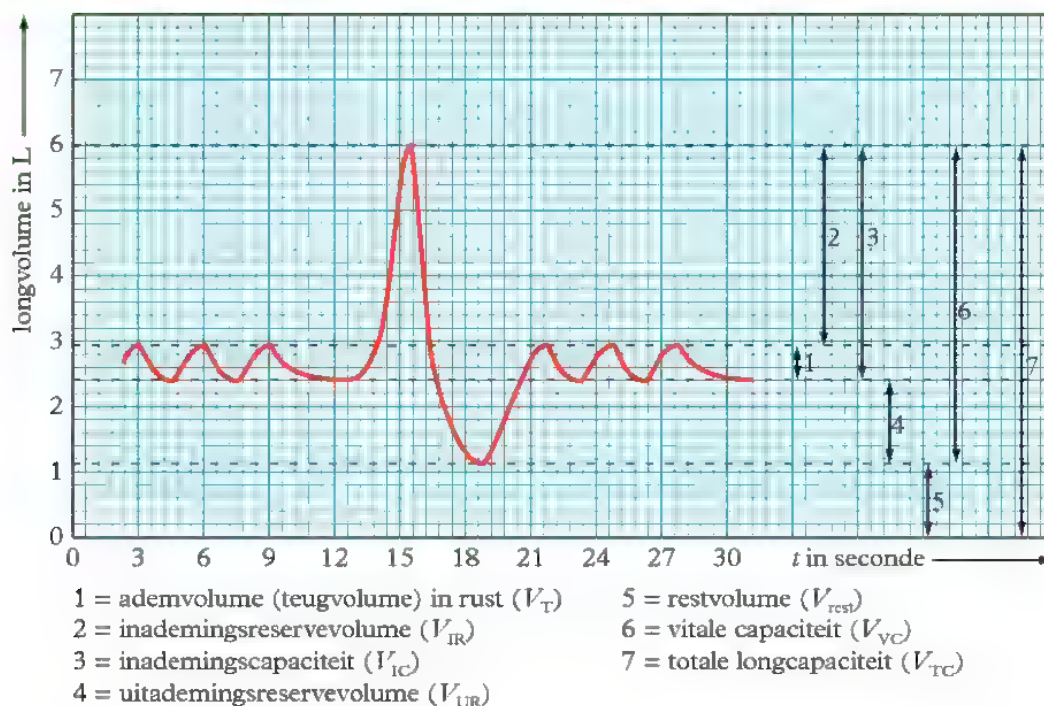
 75  $\mu\text{m}$ 

**Wet van Fick:**

 aantal mol dat per seconde  
 oppervlakte  $A$  passeert

$$n = DA \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

 $D$  = diffusiecoëfficiënt

 $\frac{\Delta c}{\Delta x}$  = concentratiegradiënt



### longvolume in L bij gezonde, rechtopstaande mens

geslacht	vrouw	man	man
leeftijd	20-30 jaar	20-30 jaar	50-60 jaar
lichaamsoppervlakte	1,7 m <sup>2</sup>	1,7 m <sup>2</sup>	1,6 m <sup>2</sup>
$V_{IC}$	2,4	3,6	2,6
$V_{UR}$	0,8	1,2	1,0
$V_{VC}$	3,2	4,8	3,6
$V_{rest}$	1,0	1,2	2,4
$V_{TC}$	4,2	6,0	6,0
$V_{rest}/V_{TC} \times 100\%$	24%	20%	40%

### stand middenrif en borstbeen bij in- en uitademing



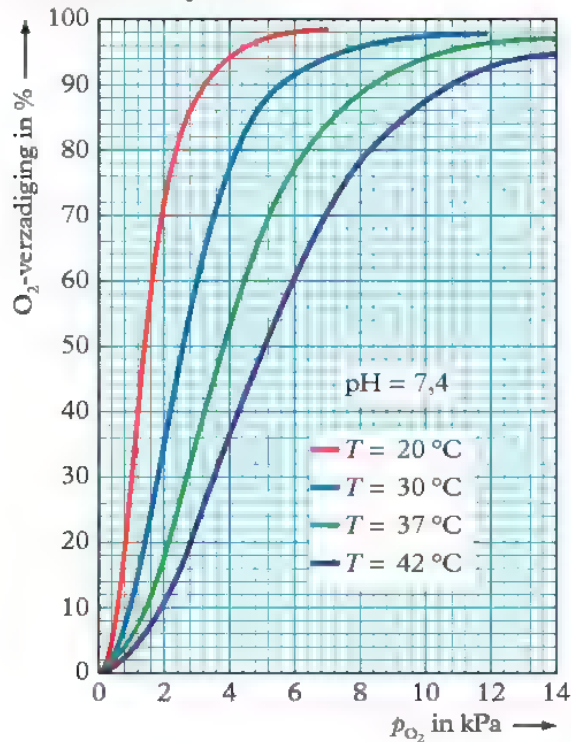
### partiële gasdruk van de belangrijkste gassen bij ademhaling in kPa en volume-% bij $p = p_0$

	$p_{O_2}$	vol %	$p_{CO_2}$	vol %	$p_{N_2}$	vol %	$p_{H_2O}$	$p_{\text{totaa.}}$ <sup>1</sup>
inademiingslucht	19,9	20,9	0	0,03	75,1	79,0	6,3	101,3
uitademiingslucht	15,4	16,2	3,7	3,9	75,9	79,8	6,3	101,3
lucht in longblaasjes	13,3	14,0	5,3	5,6	76,4	80,4	6,3	101,3
bloed dat longhaarvaten binnenkomt	5,3		6,1		77,1		6,3	94,8
bloed dat longhaarvaten verlaat	12,6		5,3		77,1		6,3	101,3
weefsels	<5,3	-	> 6,1	-	-	-	-	-
buitenlucht (droog)	21,1	20,9	0	0,03	80,1	79,0		101,3

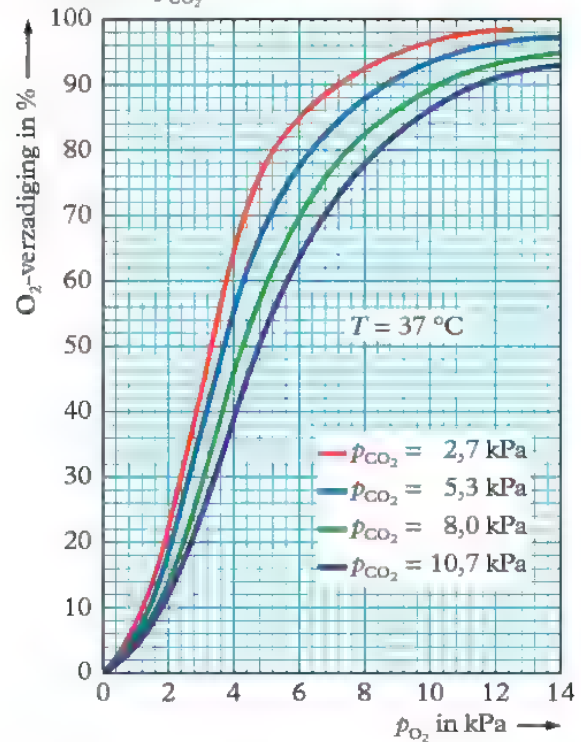
<sup>1</sup>  $p_0 = 101,35 \text{ kPa}$

100%  $O_2$ -verzadiging komt overeen met 20 mL per 100 mL bloed

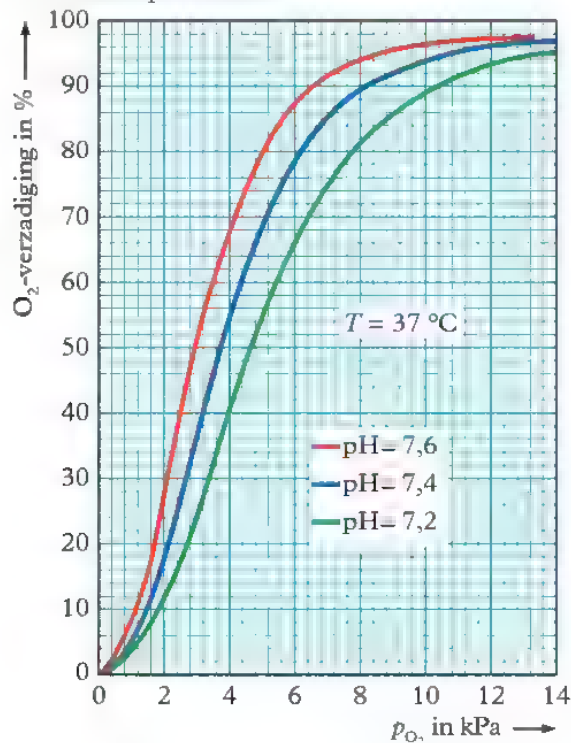
Zuurstofverzadiging van hemoglobine bij verschillende temperaturen



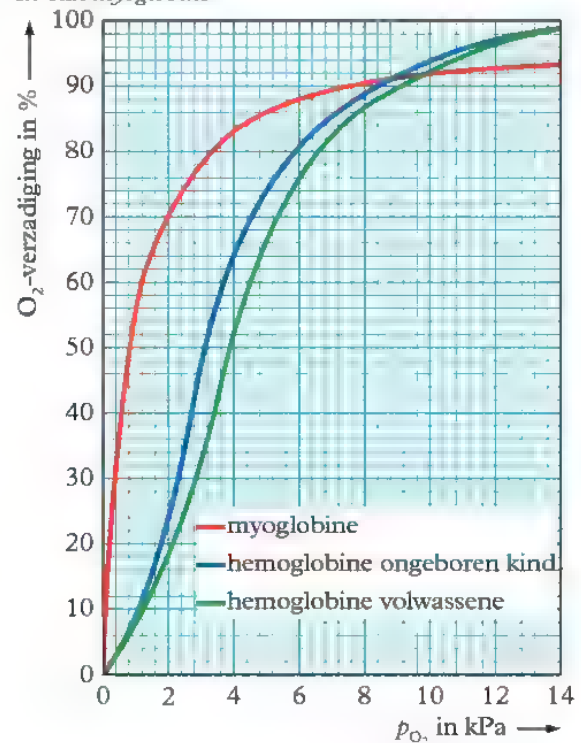
Zuurstofverzadiging van hemoglobine bij verschillende  $p_{CO_2}$ -waarden



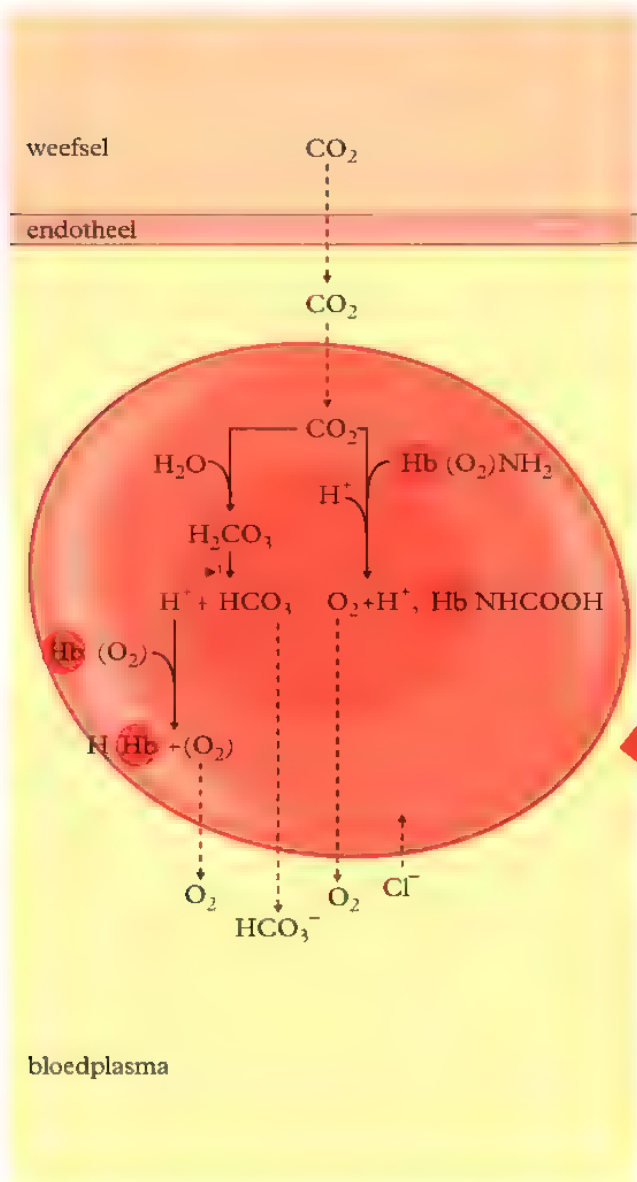
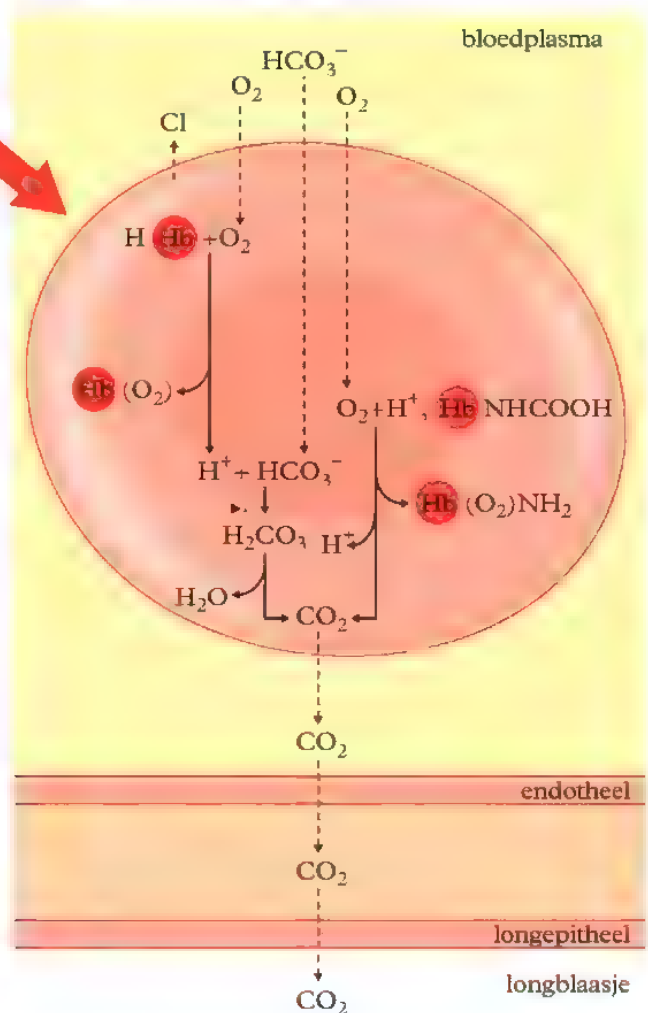
Zuurstofverzadiging van hemoglobine bij verschillende pH-waarden



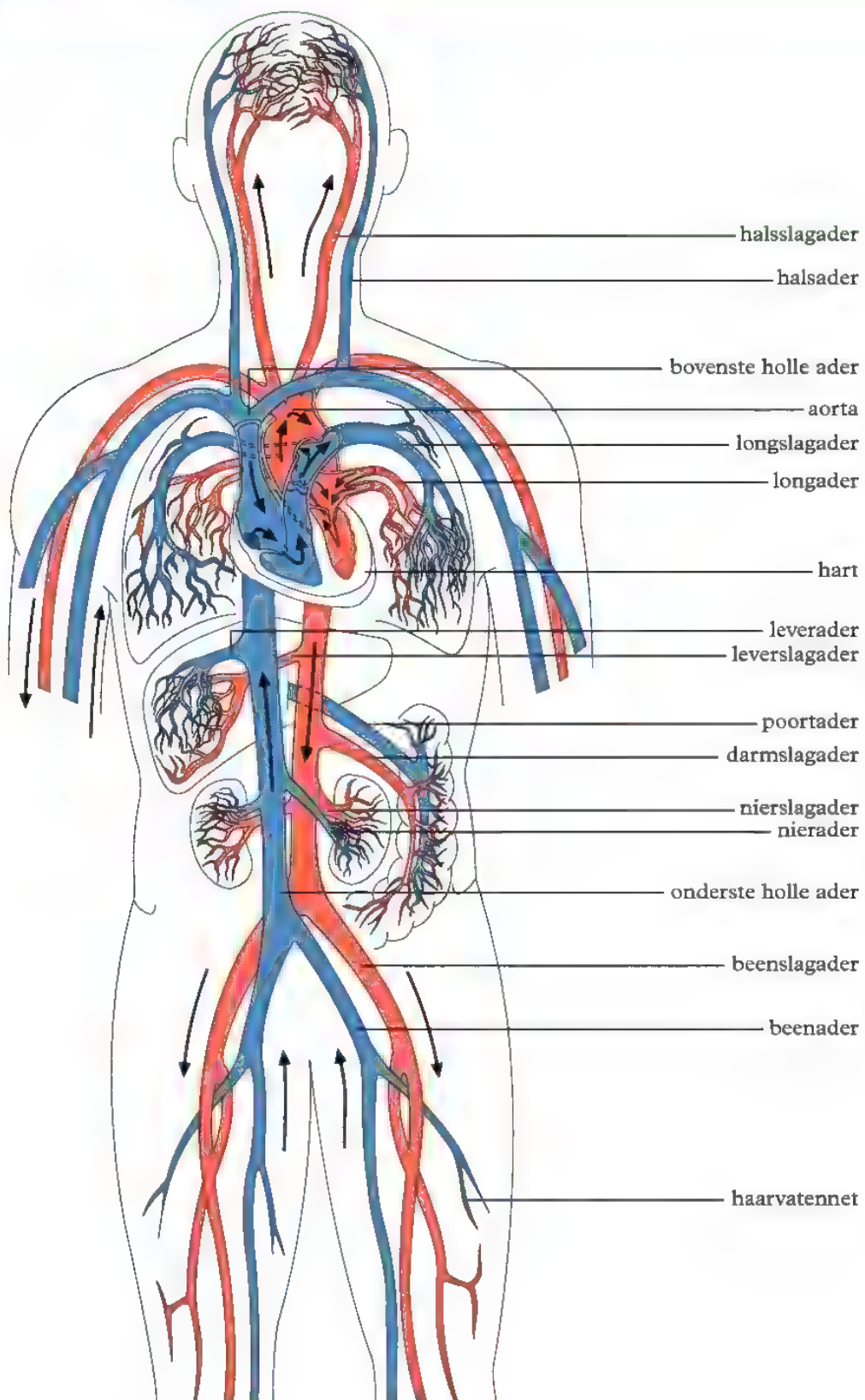
Zuurstofverzadiging van hemoglobine van een ongeboren kind, van een volwassene en van myoglobine



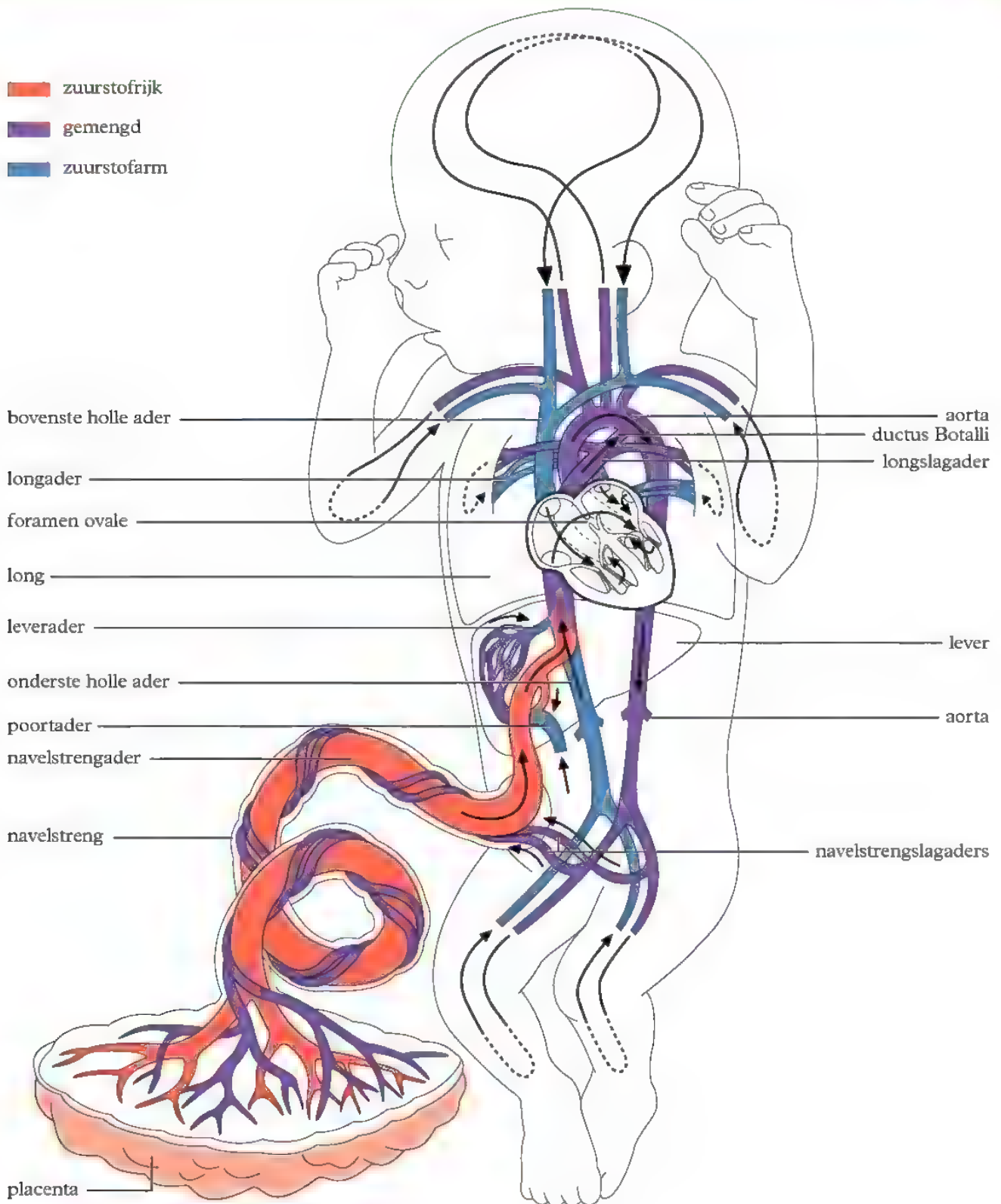


**CO<sub>2</sub>-opname uit weefsel****CO<sub>2</sub>-afgifte aan longblaasjes**



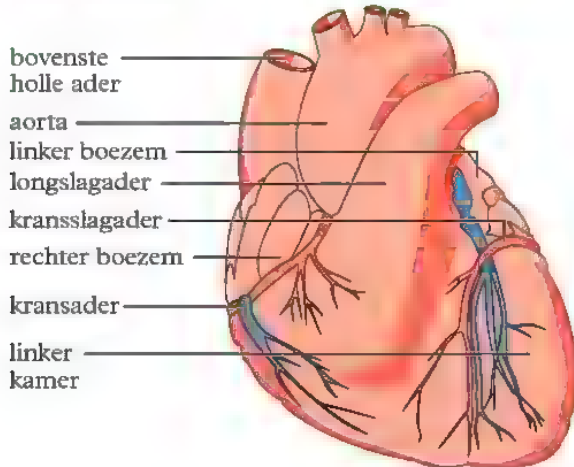


- zuurstofrijk
- gemengd
- zuurstofarm

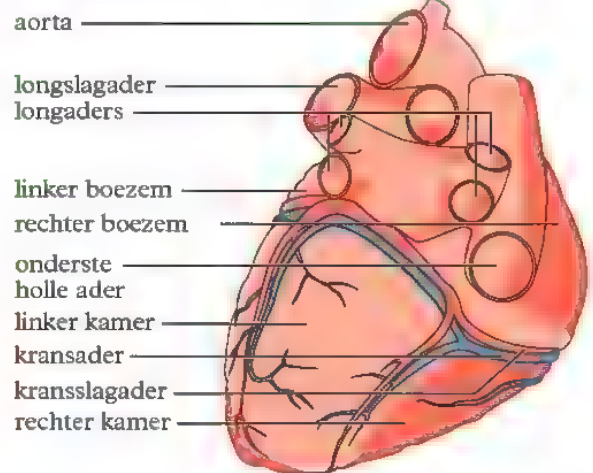


## Hart

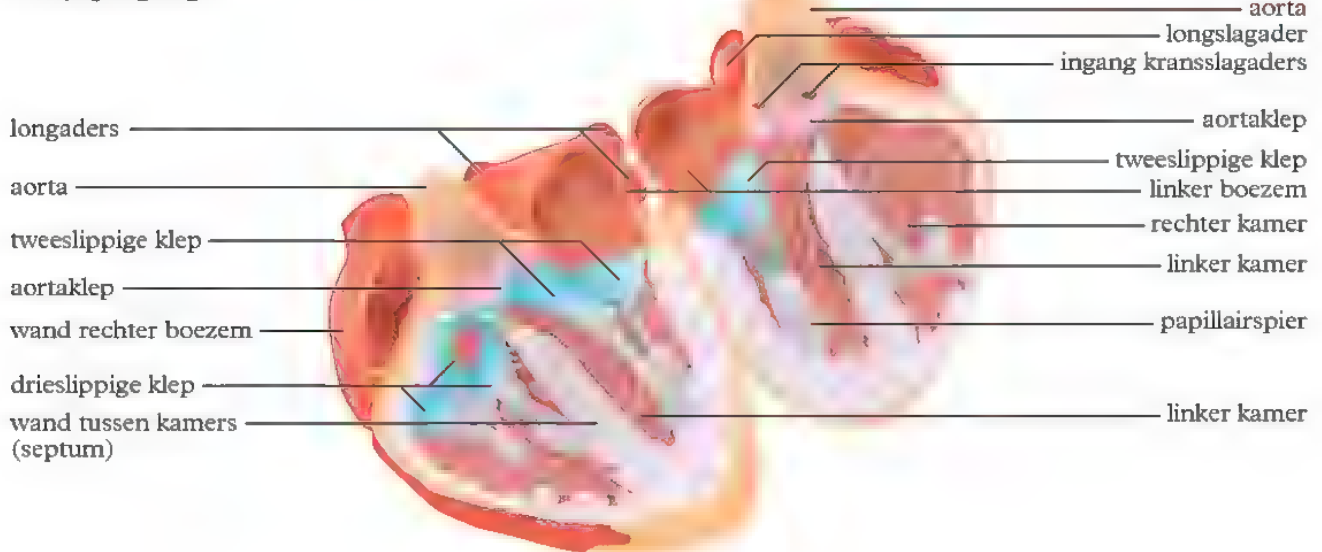
## hart voorkant



## hart achterkant

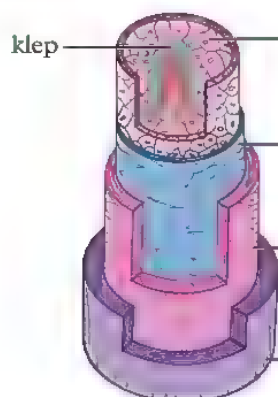


## hart, opengelegd

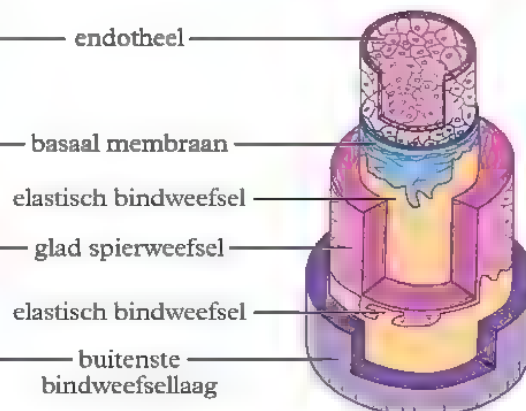


## Bloedvaten

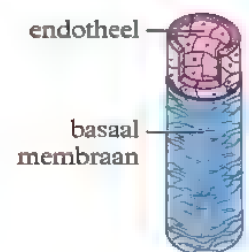
## ader, vene



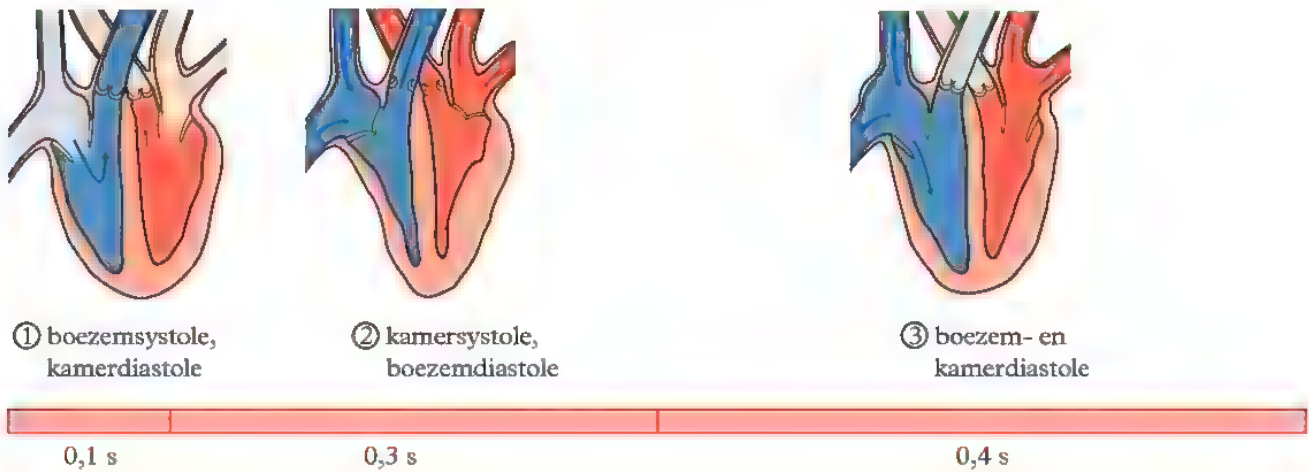
## slagader, arterie



## haarvat, capillair



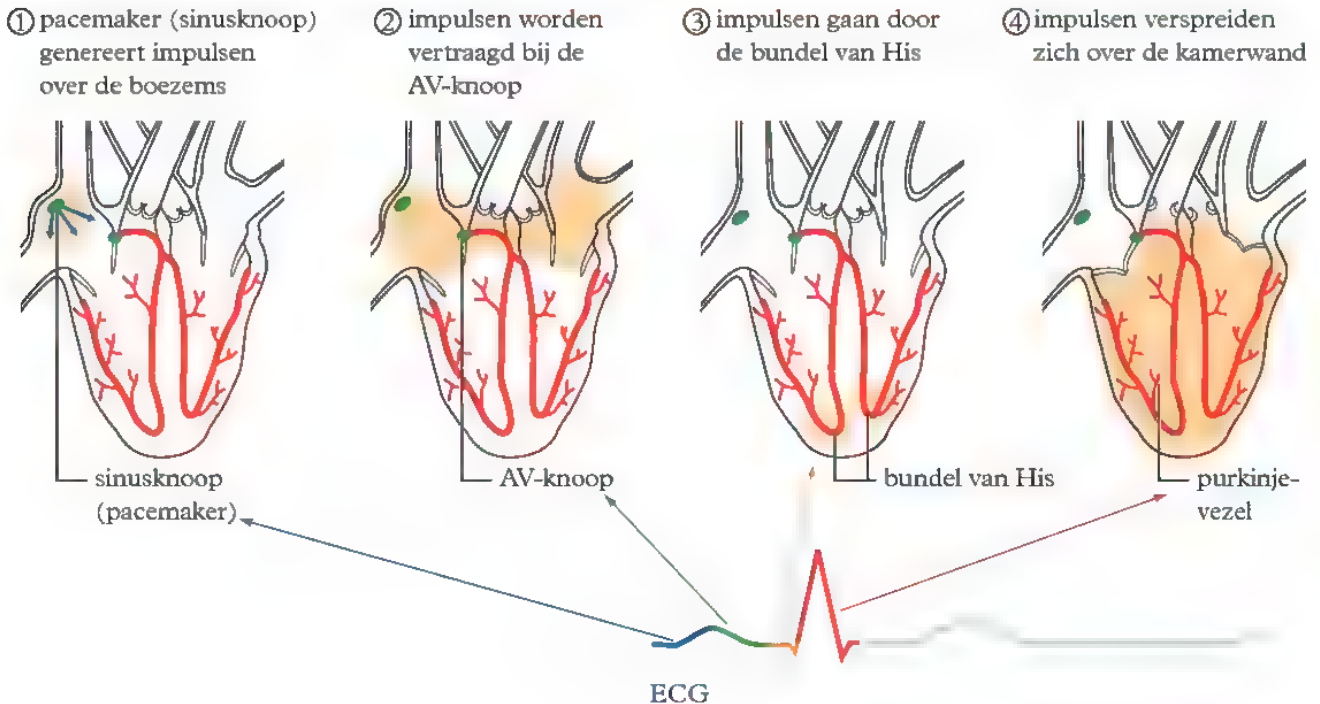
de hartcyclus bij een hartslagfrequentie van 75 slagen per minuut

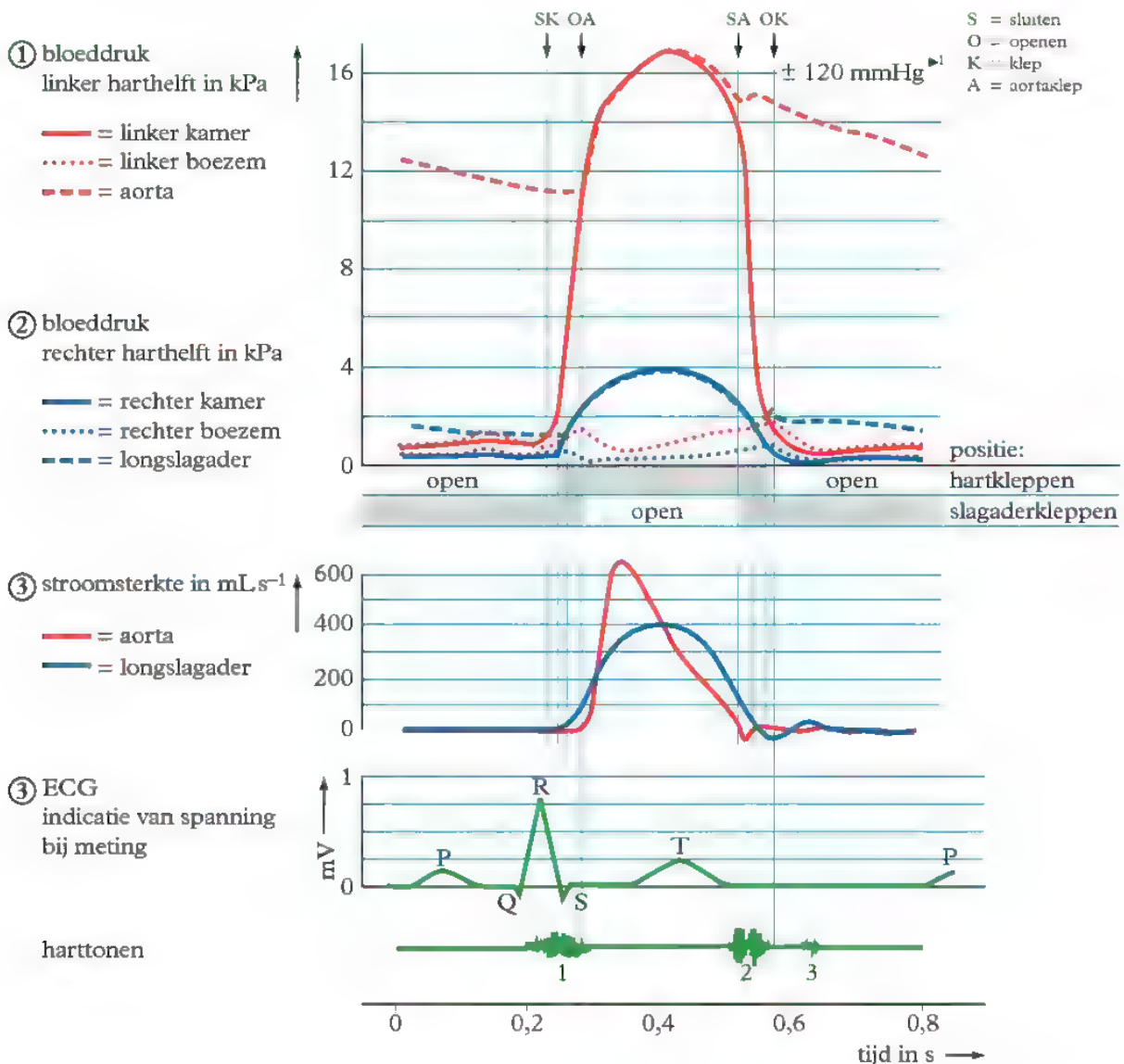


## Prikkelgeleiding van het hart

2

prikkelgedrag in relatie tot het ECG





hart:

volume per kamer  $130 \text{ cm}^3$

pompvolume per kamer  $80 \text{ cm}^3$  per hartslag

frequentie  $50\text{--}200 \text{ min}^{-1}$

hartminuutvolume (HMV)  $4,5\text{--}22 \text{ Lmin}^{-1}$

bloed:

dichtheid  $1,05 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

gemiddelde snelheid in de aorta  $0,40 \text{ ms}^{-1}$

viscositeit  $5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$

viscositeit plasma  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$

P-top depolarisatie van de boezemspier (atriumspier)

Q-, R-, S-top

(QRS-complex) depolarisatie van de kamerspier (ventrikelspier)

T-top repolarisatie van de kamerspier

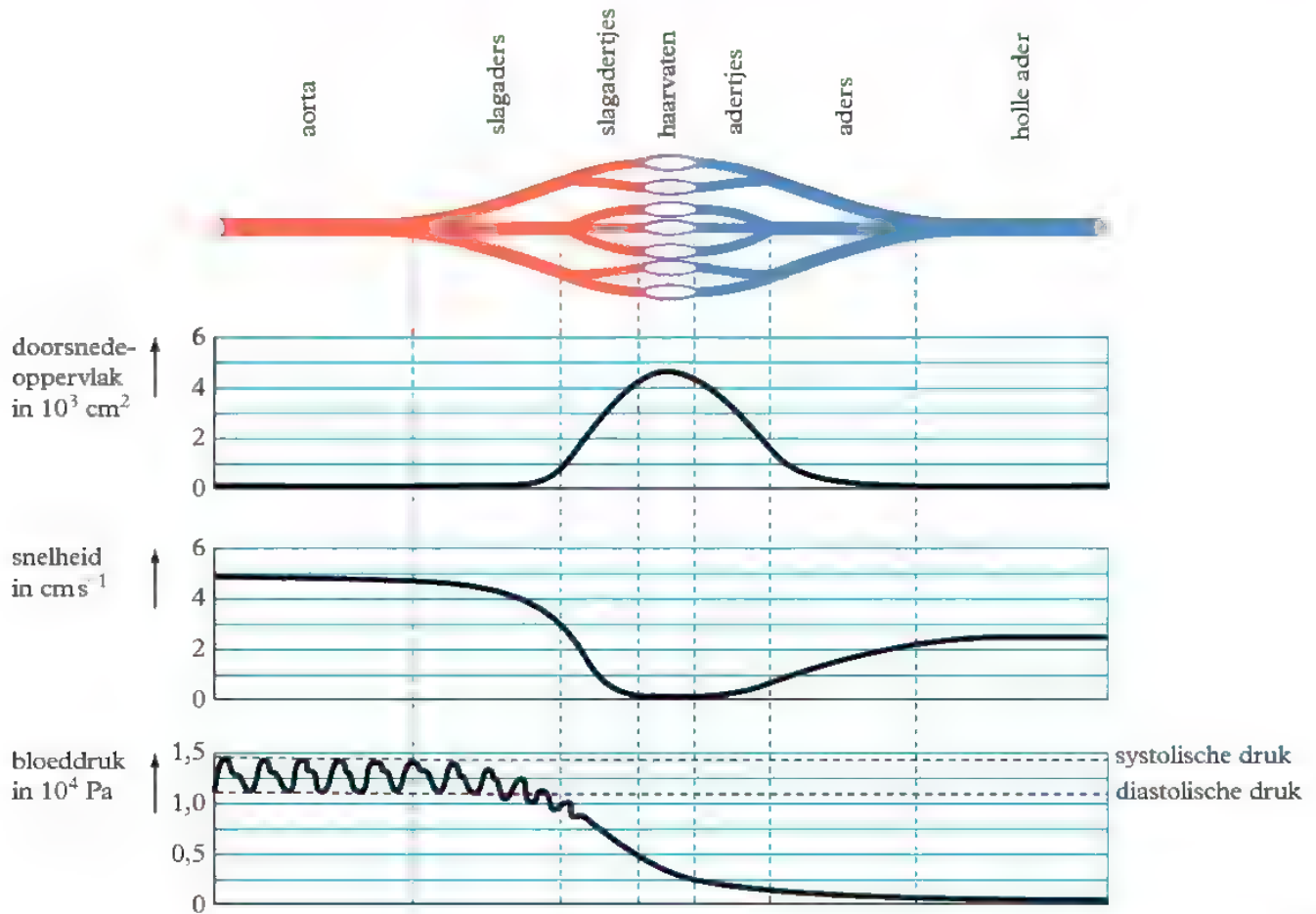
repolarisatie van de boezemspier valt in tijd samen met het QRS-complex.

1 ► mmHg - 133 Pa: zie tabel 5.



## Bloeddruk in het bloedvatstelsel

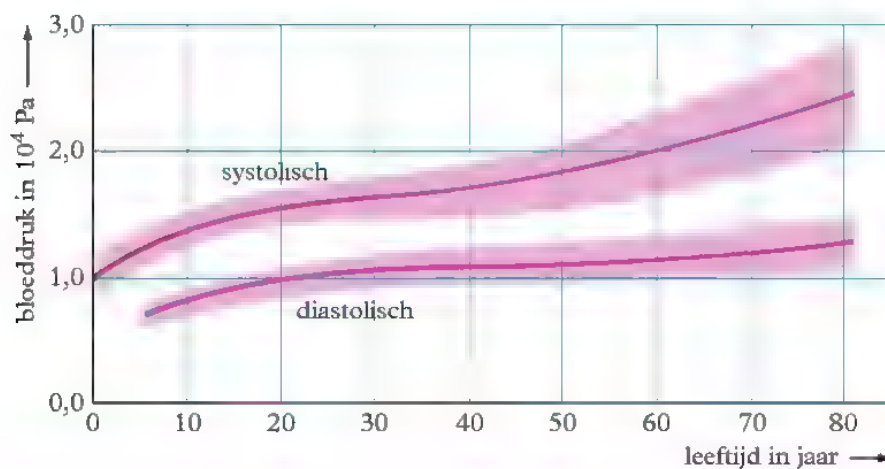
1



## Bloeddruk als functie van de leeftijd

2

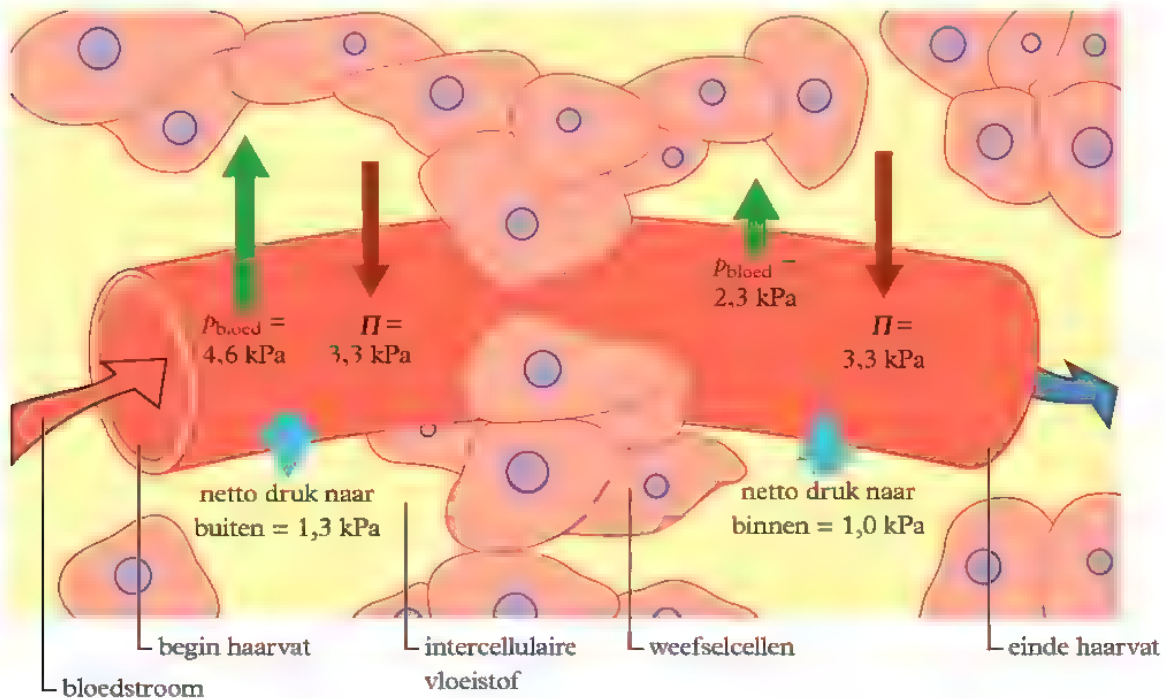
gemiddeld over ca. 20 000 proefpersonen in rust met standaarddeviatie



verdeling van bloed over organen in %

	buikorganen	hart	nieren	skelet	hersenen	huid	spieren
rust	20-25	4-5	20	3-5	15	5	15-20
zware arbeid	3-5	4-5	3	0,5-1	3-4	5-20	70-85

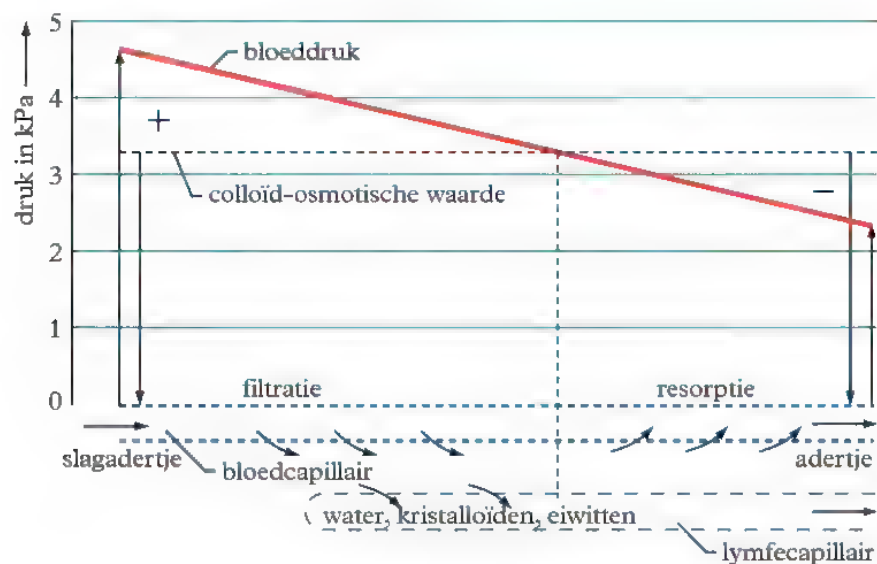
## schematische weergave



■  $\Pi$  = osmotische waarde

$p_{\text{bloed}}$  = bloeddruk

## grafische weergave

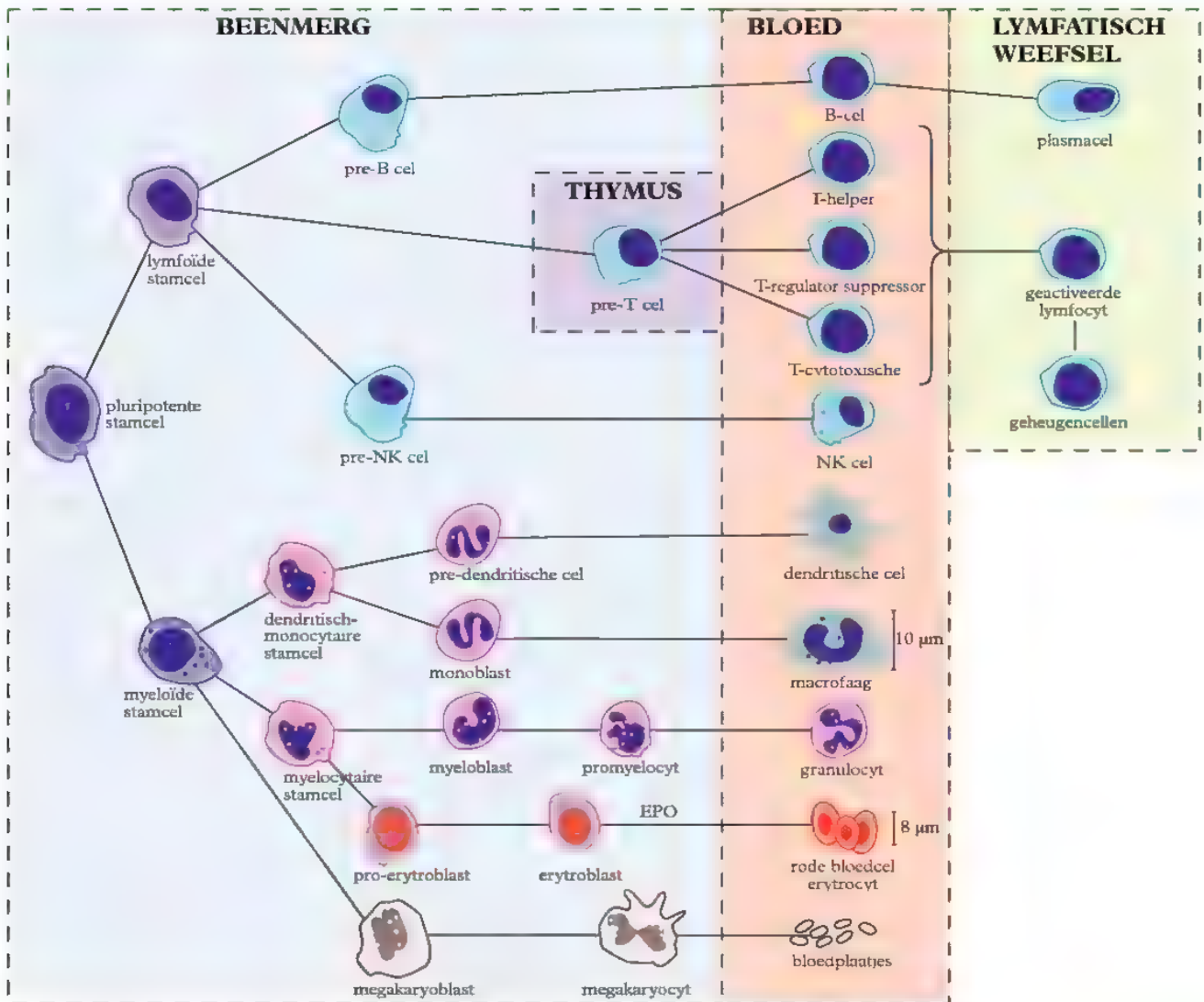


■ Links van de verticale stippellijn is de hydrostatische druk hoger dan de colloïd-osmotische waarde en heeft de overhand op de vochtuittrekking. Rechts van deze stippellijn treedt resorptie op als gevolg van het overwicht van de colloïd-osmotische waarde. Al het uitgetreden eiwit en een gedeelte van het interstitiële vocht worden afgevoerd via de lymfecapillairen.

■ In de medische fysiologie is mmHg als eenheid van bloeddruk blijvend erkend; zie tabel 5.

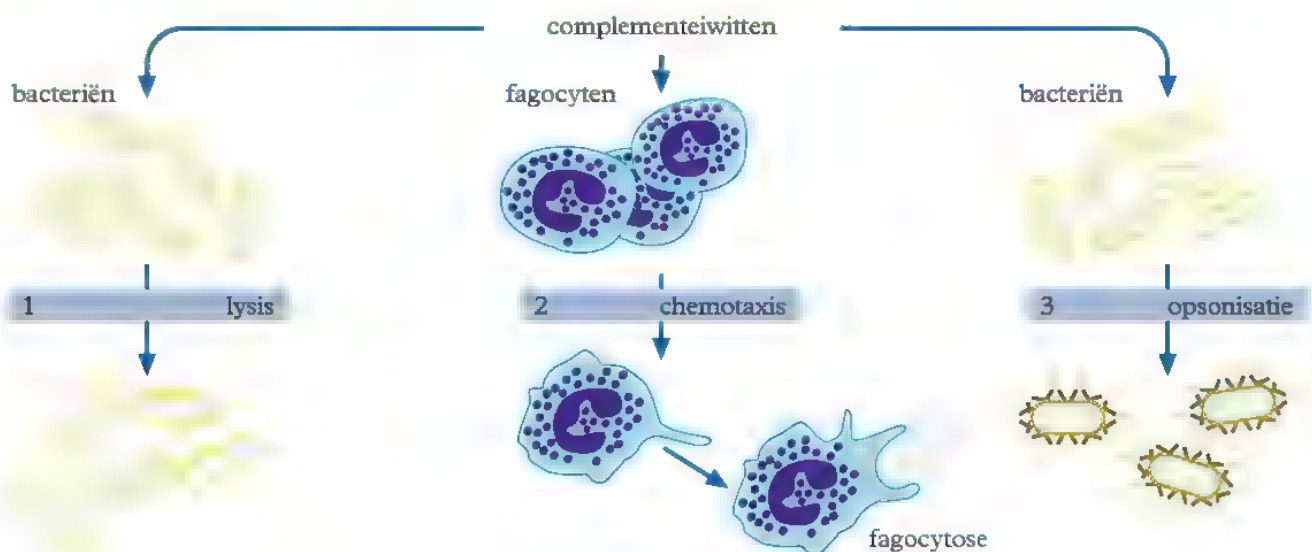
<i>samenstelling</i>	<i>hoeveelheid</i>
<i>vaste bestanddelen</i> (hematocriet)	42 – 47 volume-% van het bloed
<i>aantal per mm<sup>3</sup> bloed</i>	
• rode bloedcellen	$4,2 \cdot 10^6 - 6,2 \cdot 10^6$
• bloedplaatjes	$0,14 \cdot 10^6 - 0,34 \cdot 10^6$
• witte bloedcellen	$5 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^3$
- neutrofiele granulocyten	40 – 70%
- lymfocyten	20 – 40%
- monocyten	2 – 10%
- eosinofiele granulocyten	1 – 6%
- basofiele granulocyten	< 1%
<i>plasma</i>	53 – 58 volume-% van het bloed
• water	92 volume-% van het plasma
• eiwitten	7 volume-% van het plasma
<i>concentratie in gL<sup>-1</sup> plasma</i>	
- albumine ( $M = 6,9 \cdot 10^4$ )	32 – 50
- globulinen ( $M = 1 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^7$ )	15 – 30
- fibrinogeen	2 – 5
• overige stoffen	<i>concentratie in gL<sup>-1</sup> plasma</i>
- glucose	0,6 – 1,3
- cholesterol	1,3 – 3,5
- bilirubine	0,0 – 0,011
- ureum	0,14 – 0,40
- natriumionen	3,1 – 3,6
- kaliumionen	0,12 – 0,21
- calciumionen	0,08 – 0,12
- ijzerionen	0,0004 – 0,0021
- chloride-ionen	3,6 – 3,8
- diverse andere stoffen	sterk wisselend

■ De hoeveelheid bloed bij de mens bedraagt ca.  $\frac{1}{13}$  deel van het lichaamsgewicht.



- Sommige stadia zijn niet getekend omdat er geen verschillen in anatomie met het voorstadium zijn.
- De rijpingsprocessen worden door vele hormonen beïnvloed, waaronder EPO en interleukinen (IL).

## Complementsysteem



## Niet-specifieke barrières tegen binnendringen van micro-organismen

2

<i>lichaams- oppervlak</i>	<i>fysische barrière voor micro-organismen</i>	<i>biochemische barrière voor micro-organismen</i>
huid	een voor de meeste micro-organismen ondoordringbare aaneengesloten laag van dode, verhoornde cellen	verlaagde pH door melkzuur en vetzuren uit zweetklieren en talgklieren; remmende stoffen uitgescheiden door commensale bacteriën
neusholte	neusharen (houden deeltjes tegen) en trilhaar-epitheel (zorgt voor slijmstroom naar de keelholte, waar het slijm wordt doorgeslikt)	lysozym (tast bacteriecelwand aan)
luchtpijp	trilhaarepitheel (zie neusholte)	
ogen	stroming van traanvocht	lysozym (tast bacteriecelwand aan)
mond- en keelholte	speeksel en slijm (wordt doorgeslikt)	lysozym en thiocynaat (remmende stoffen)
maag		zeer lage pH en eiwitverterende enzymen
darmen	vloeistofstroom (snel bij diarree)	eiwitverterende enzymen; remmende stoffen, uitgescheiden door autochtone bacteriën
urinenwegen	vloeistofstroom	
vagina	slijmlaag	lage pH (door commensale bacteriën)

## Niet-specifieke en specifieke afweer

3

<i>niet-specifieke afweer (aangeboren)</i>	<i>specifieke afweer (verworven)</i>
fysische barrière (huid, slijmvliezen)	humorale immuniteit door B-lymfocyten (productie antistoffen)
chemische barrière (lysozymen, complement-eiwitten en interferonen)	cellulaire immuniteit door T-lymfocyten (T-helper-cellen, cytotoxische T-cellen en T-suppressorcellen)
'natural killer'-cellen	
fagocyten	
ontstekingsreactie en koorts	
gericht tegen meerdere typen ziekteverwekkers	telkens gericht tegen één type ziekteverwekker
weerstand blijft gelijk, ook na herhaalde infectie	weerstand neemt toe na herhaalde infectie door de vorming van geheugencellen

## Ontstekingsreactie

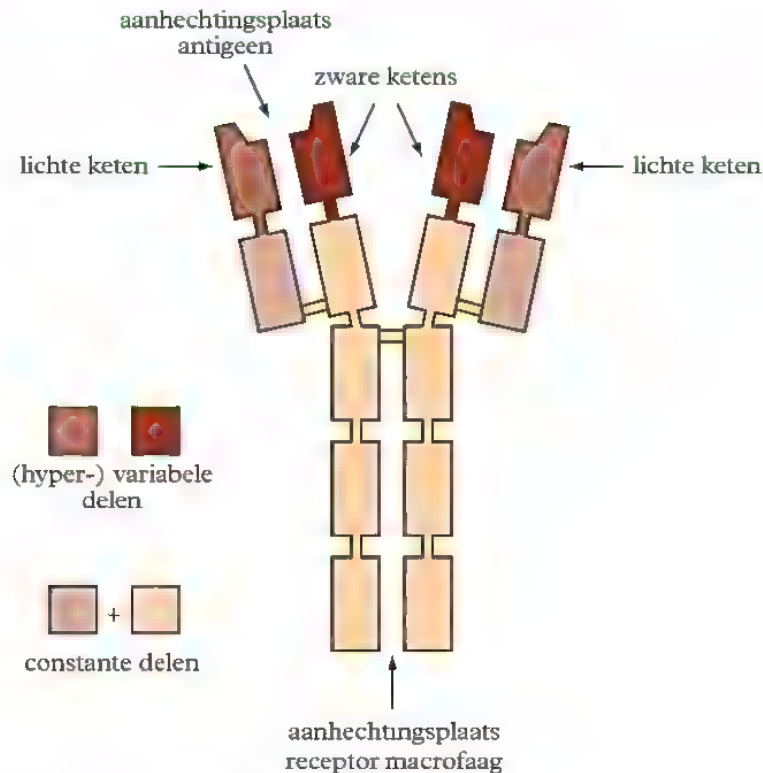
4

Bij infectie of schade aan een weefsel geven getroffen cellen mediators (signaalmoleculen) af waardoor



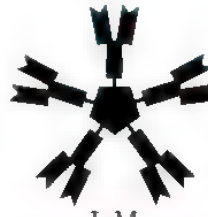


- doorbloeding van het weefsel toeneemt (door bloedvatverwijding)
- fagocyten door chemotaxis naar de ontstekingshaard migreren
- langskomende fagocyten aan de haarvatwand hechten, m.b.v. niet-specifieke receptoren (→ fagocytose)
- doorlaatbaarheid van de haarvaten groter wordt (→ uitlekken van vocht en plasma-eiwitten → weefselzwellen)



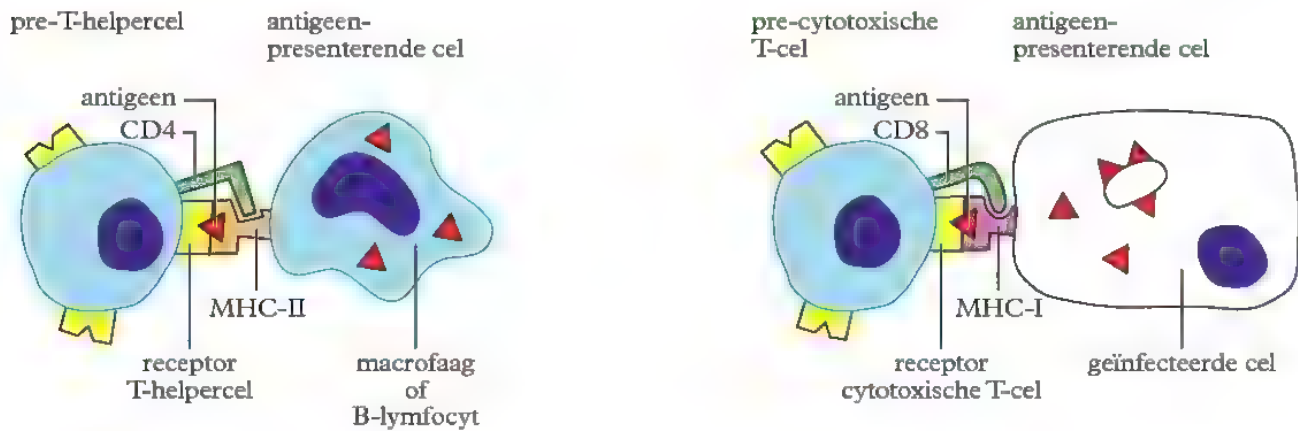
## basisstructuur



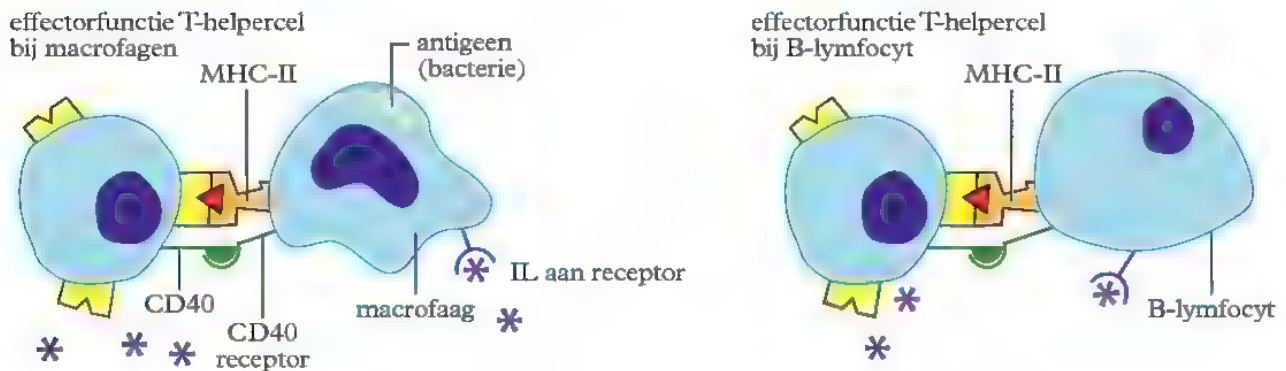
## enkele eigenschappen van de hoofdgroepen van antistoffen

	IgG	IgA	IgM	IgD	IgE
molecuul-massa in u	150 000	385 000	900 000	185 000	200 000
% van totale hoeveelheid antistoffen	80	13	6	0 - 1	0,002
voorkomen/kenmerken	in lichaams-vloeistoffen, vooral buiten de vaten: - in geringe mate in speeksel - darmsap - geringe hoeveelheid in moedermelk	in slijm en andere afscheidings-producten: - traanvocht - speeksel - luchtwegen - darmsap - vaginaal slijm - moedermelk in lymfeknoop van keel en neus, darmslijmvlies en luchtwegen	in lichaams-vloeistoffen, bevorderen de klontering	aan het oppervlak van B-lymfocyten	in lichaams-vloeistoffen: - slijm luchtwegen - darmsap bij overmaat vorming: allergische reacties
kunnen door placenta heen	+	-	-	-	-
binding aan macrofagen	+	±	-	-	-
structuur	 IgG	 IgA	 IgM	 IgD	 IgE

# binding van T-cellen aan antigeenpresterende cellen



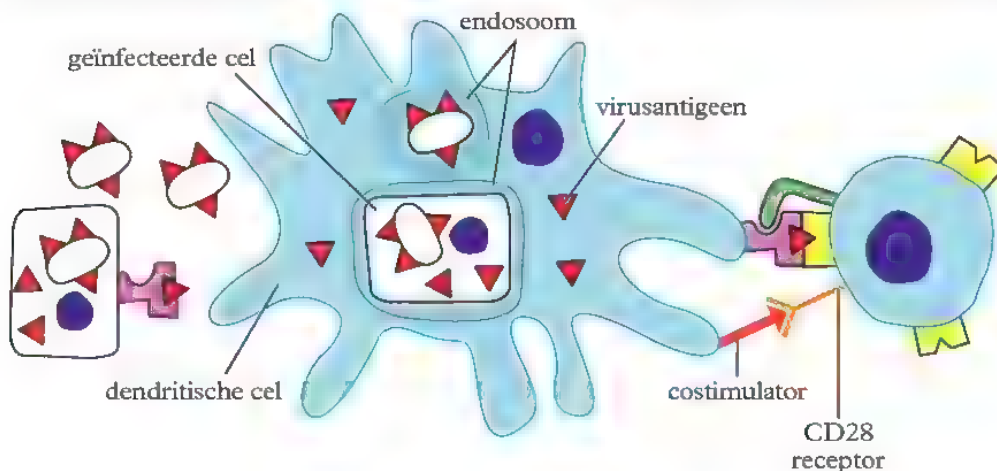
## versterkt

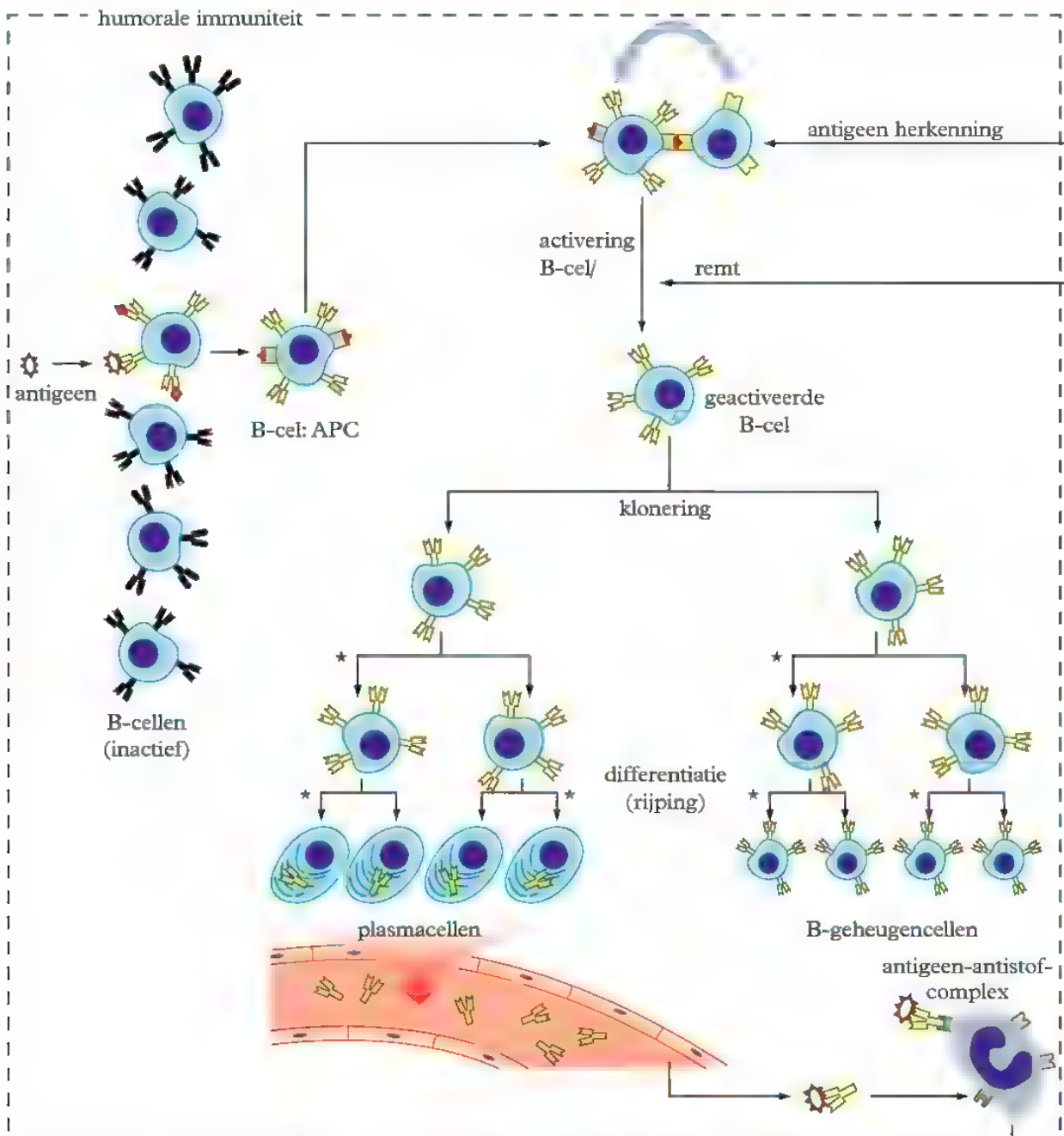


■ CD4 en CD8 zijn koppelingseiwitten.

■ Door de MHC-moleculen kunnen T-cellen onderscheid maken tussen eigen en vreemde peptiden.

# kruispresentatie van virus of geïnfecteerde cel door dendritische cellen aan cytotoxische T-cel





NIC = niet geïnfecteerde cel

IC = geïnfecteerde cel

T<sub>c</sub>-cel = cytotoxische T-cel

→ = (contact-)activatie m.b.v. cytokinen

\* = cytokinen, stimuleren klonering en differentiatie

APC = antigeen-presenterende cel fagocytose

Y = (membraangebonden) antistofmolecuul

■ = MHC-eiwit klasse I

■ = MHC-eiwit klasse II

□ = T-celreceptoren

▶ = antigeenmolecuul

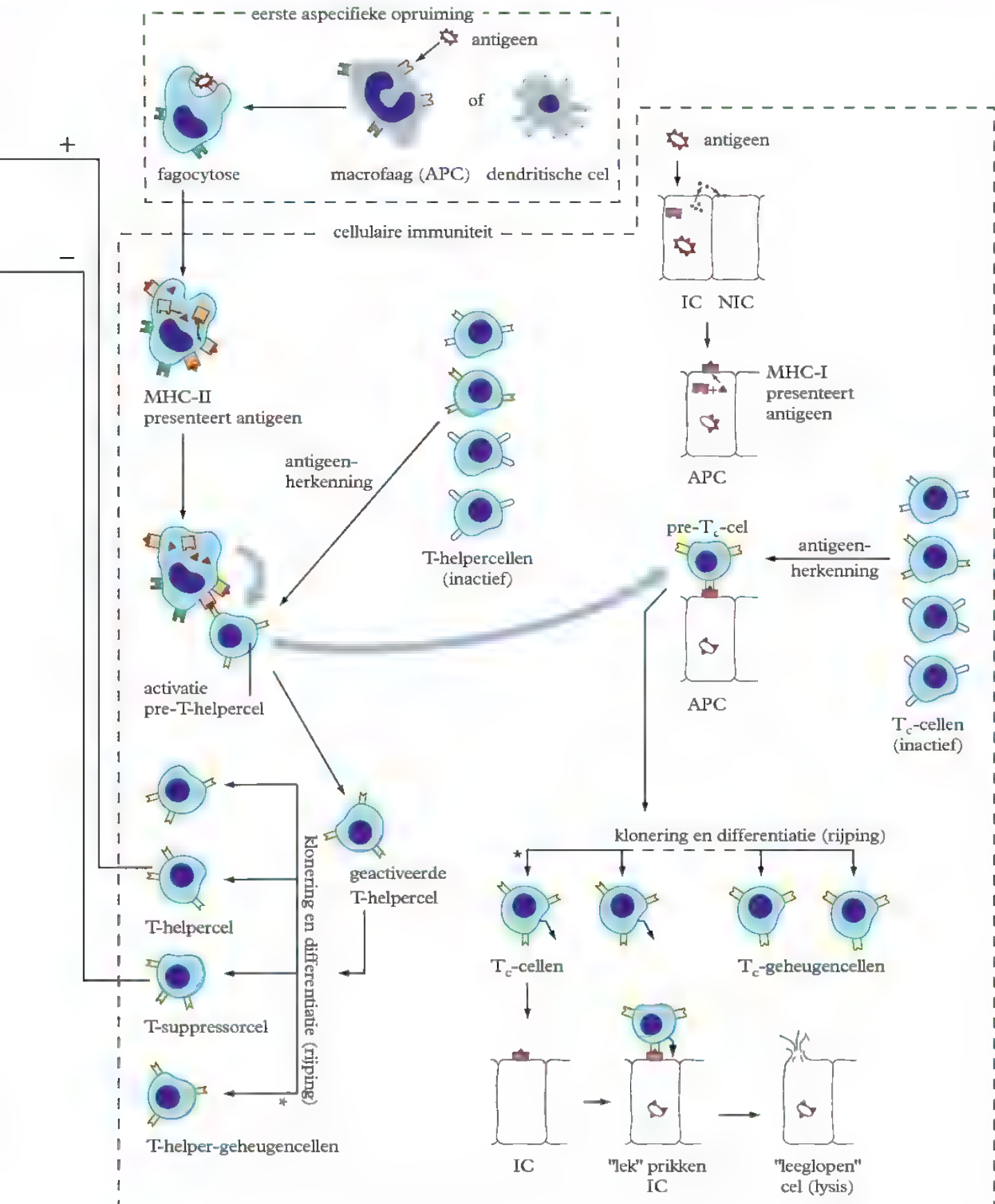
■ = antistofreceptor

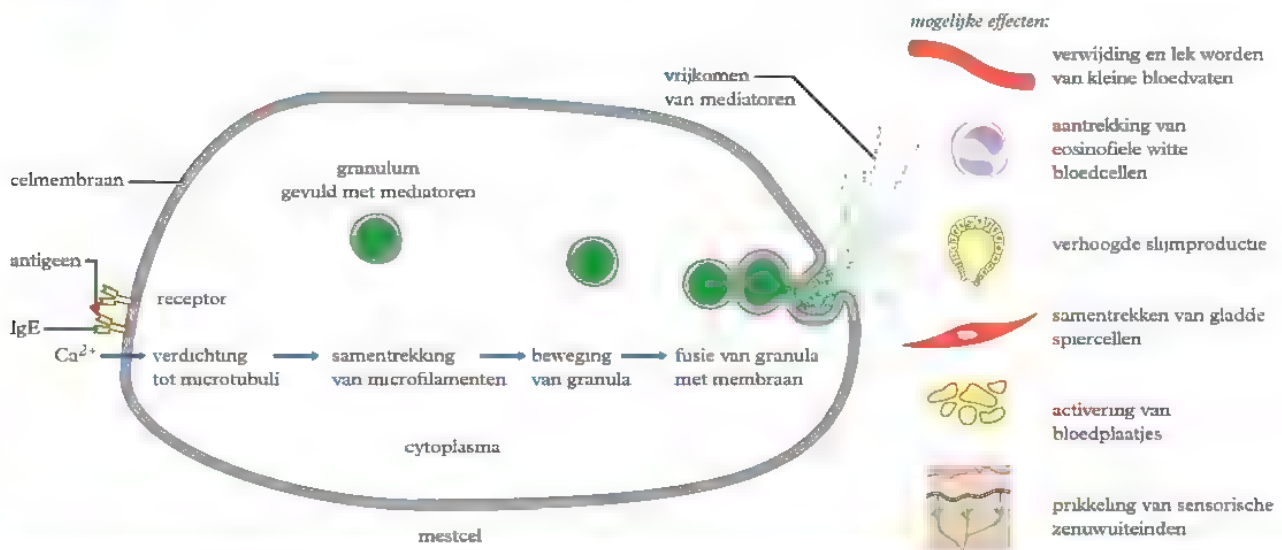
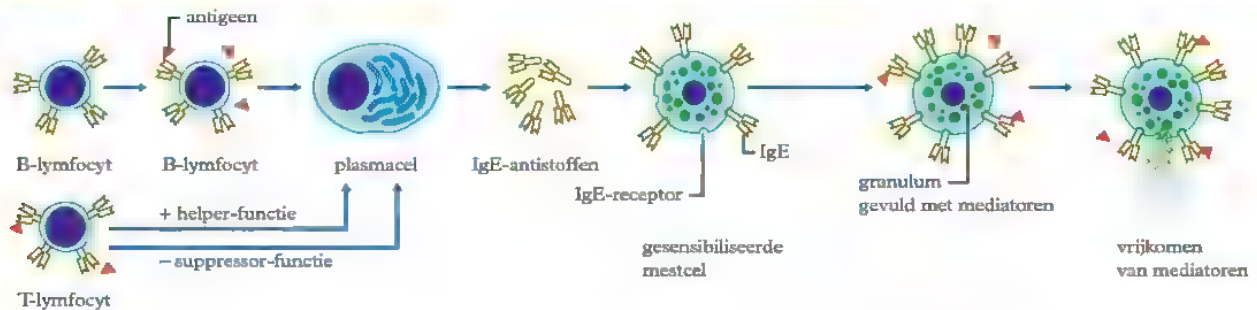
■ = specifieke receptor

\* = interferonen, waarschuwen naburige cellen

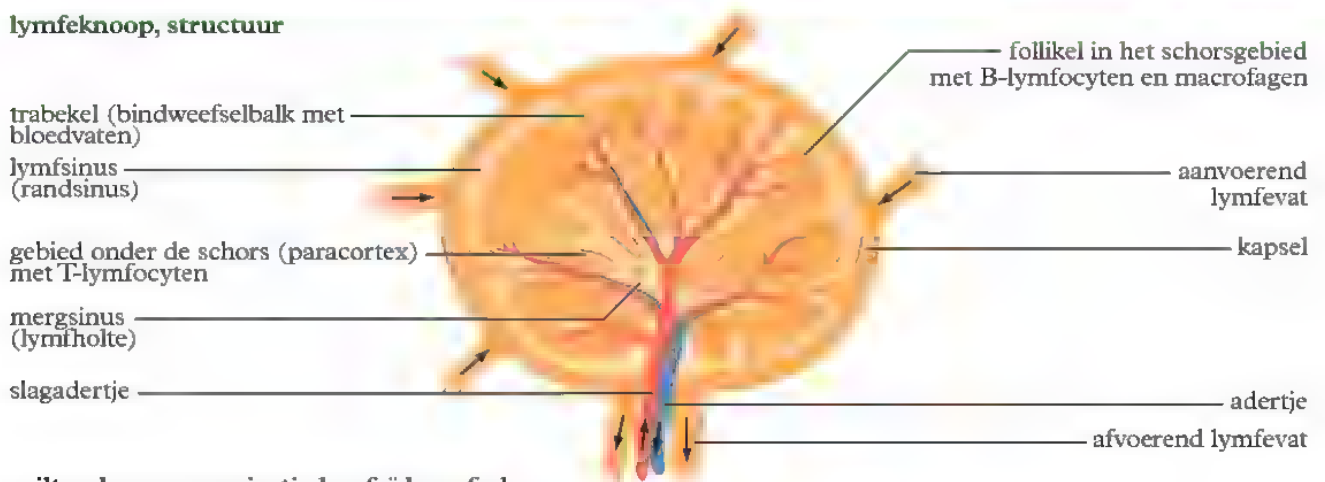
■ Bacteriën en hun toxinen worden hoofdzakelijk onschadelijk gemaakt via de humorale immunititeit, virussen en kankercellen (met lichaamsvreemde eiwitten) door de cellulaire immunititeit, aangevuld met humorale immunititeit.

Humorale en cellulaire immuniteit

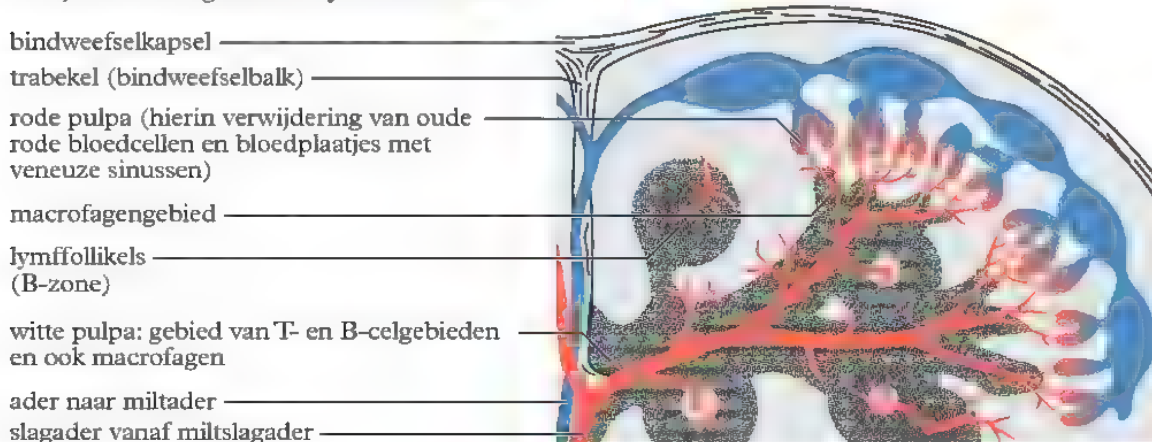




### lymfeknoop, structuur

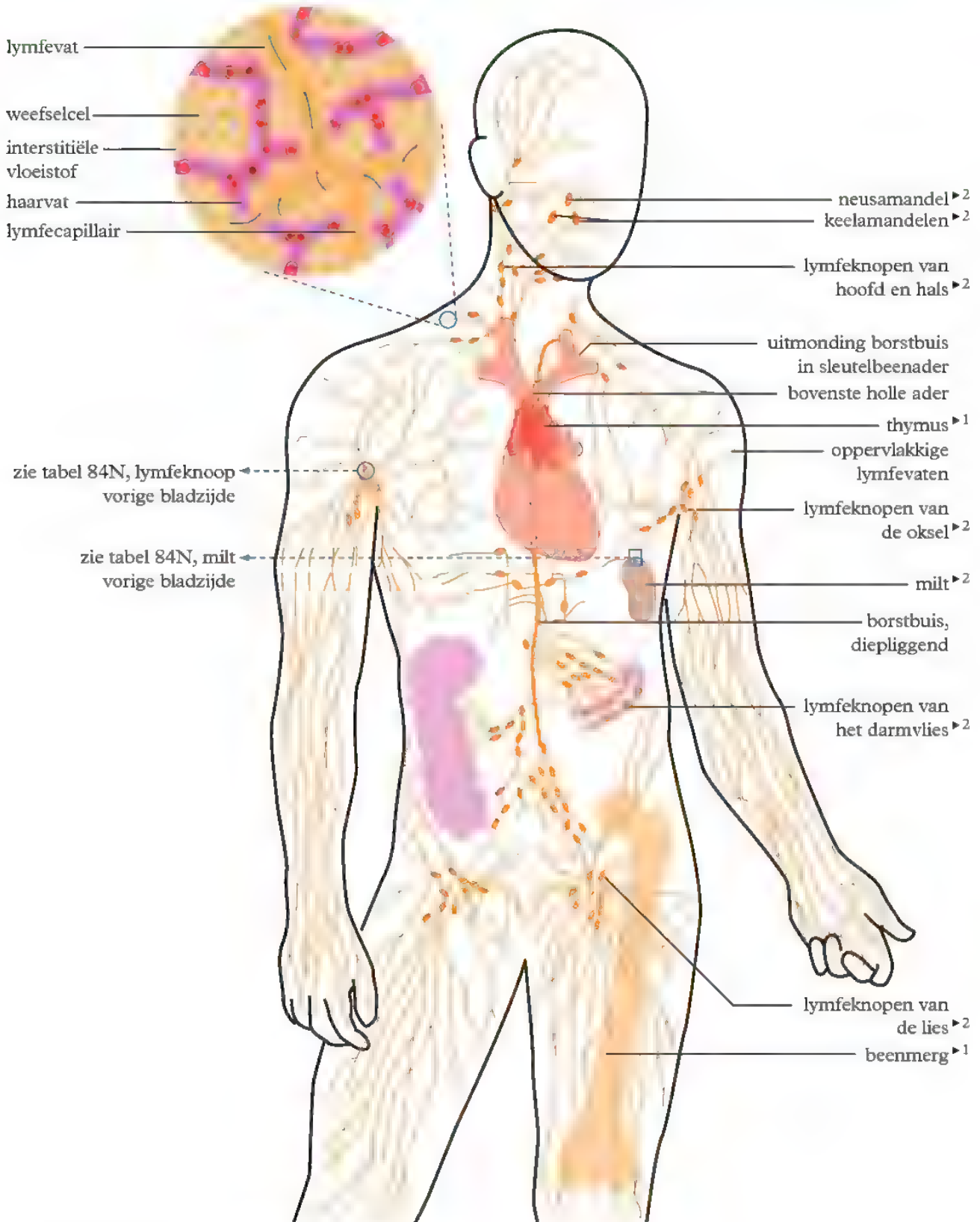


### milt, schema organisatie lymfoïd weefsel



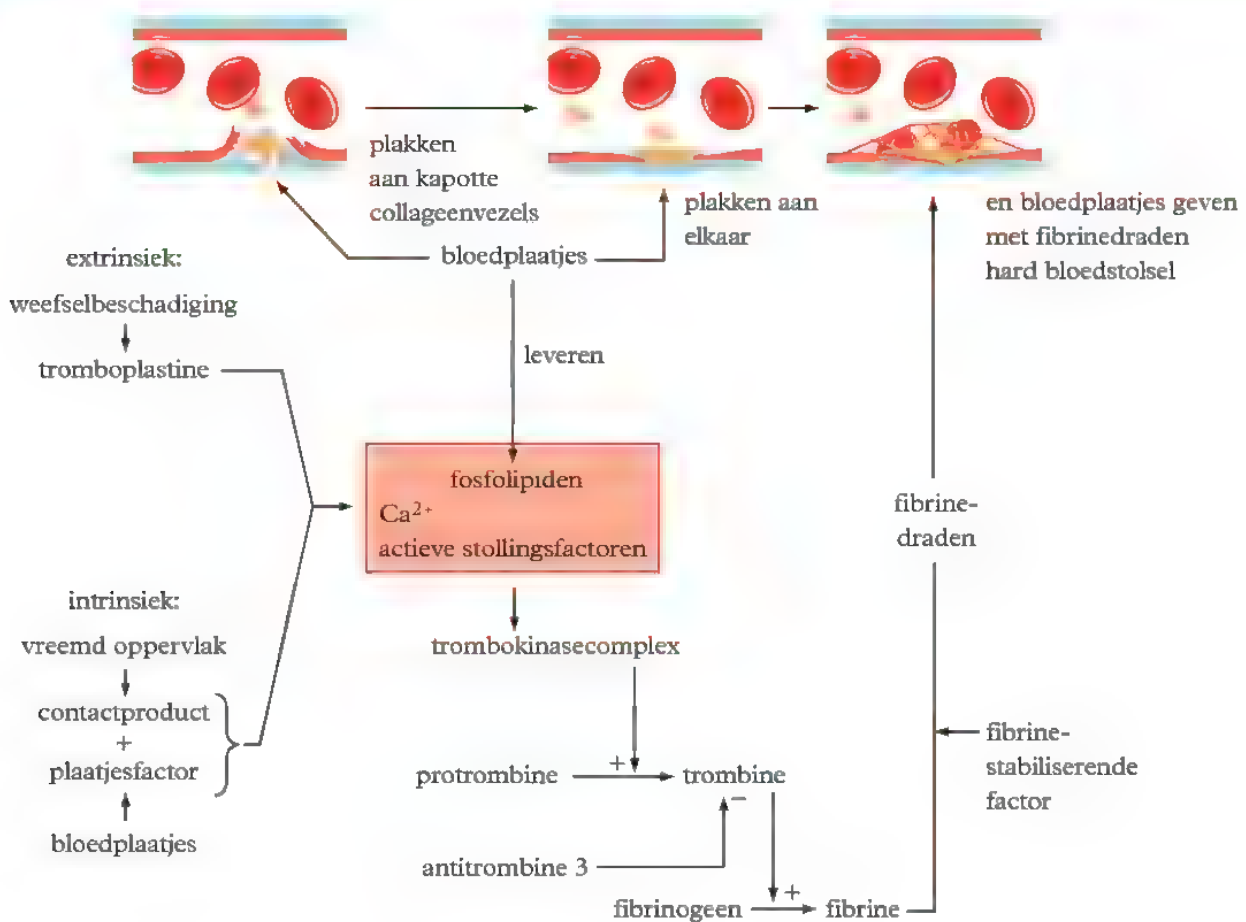


detail lymfevat

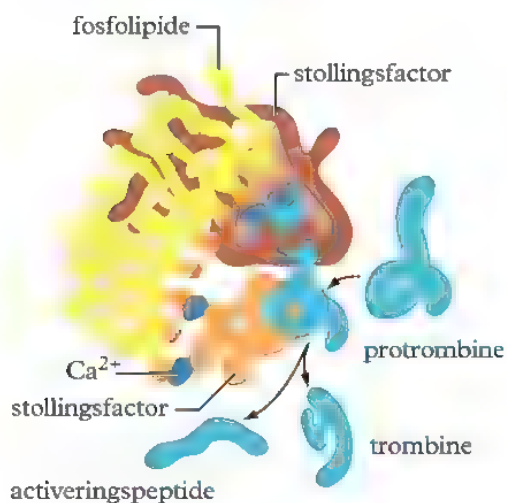


1 ► primaire weefsels van het immuunsysteem

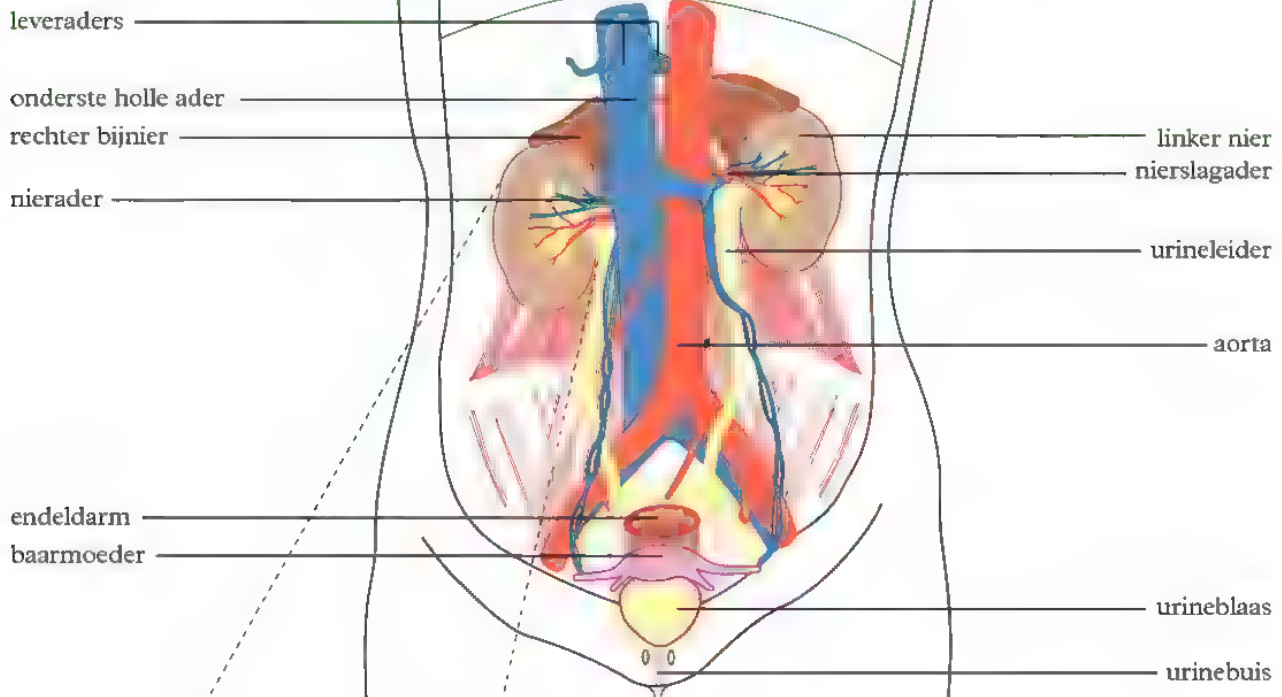
2 ► secundaire weefsels van het immuunsysteem



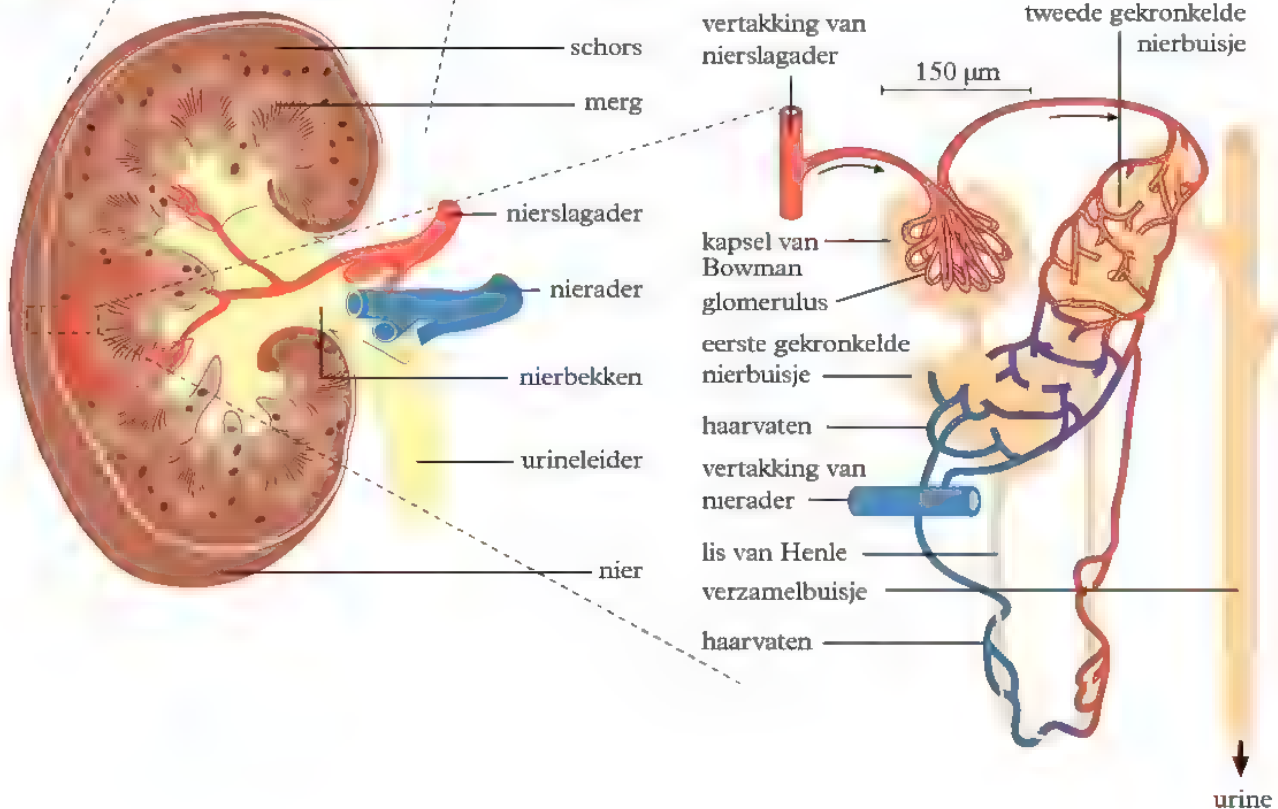
splitsing van pro-trombine door  
het trombokinasecomplex



## ligging in het lichaam



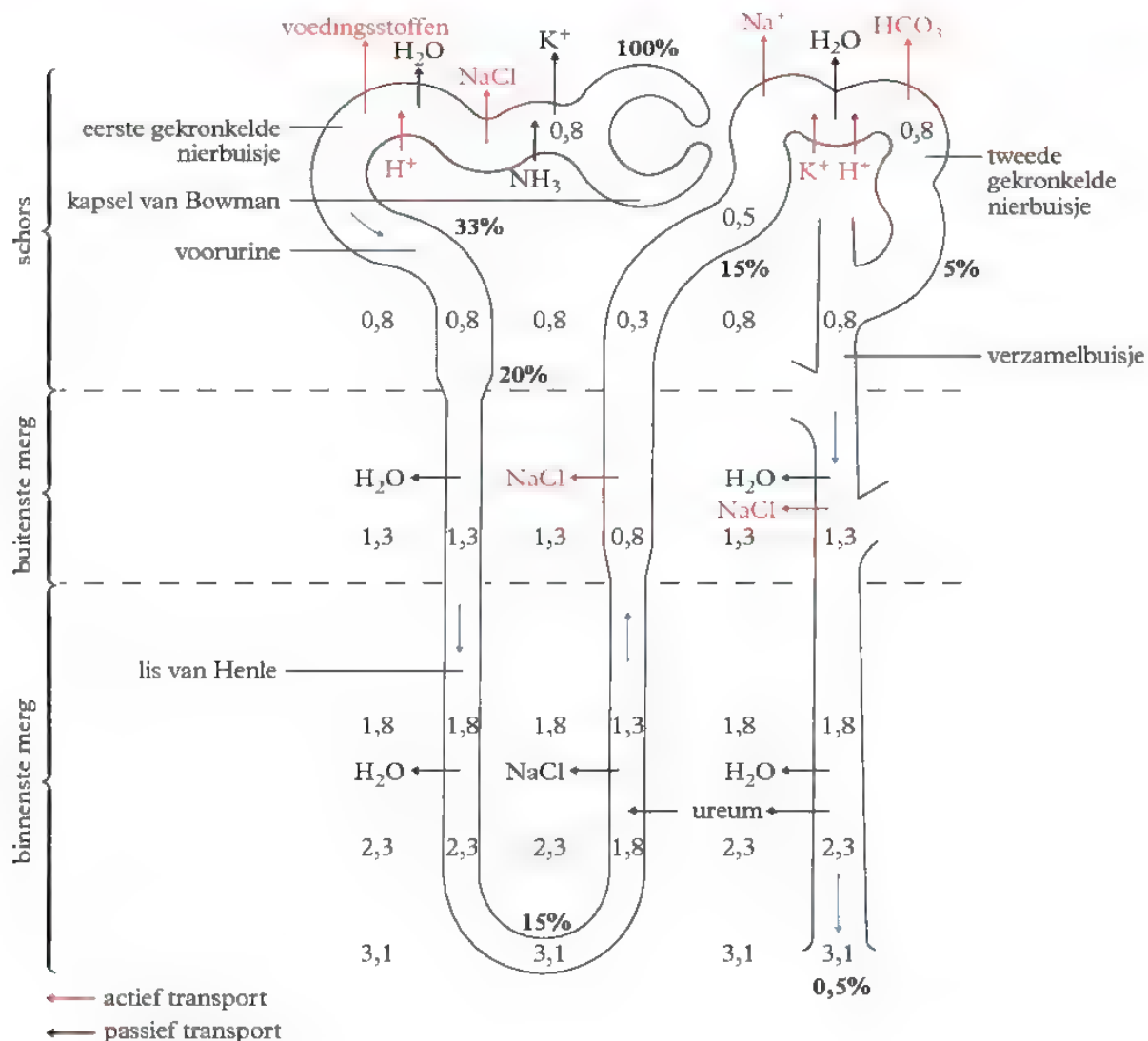
## nier, opengewerkt

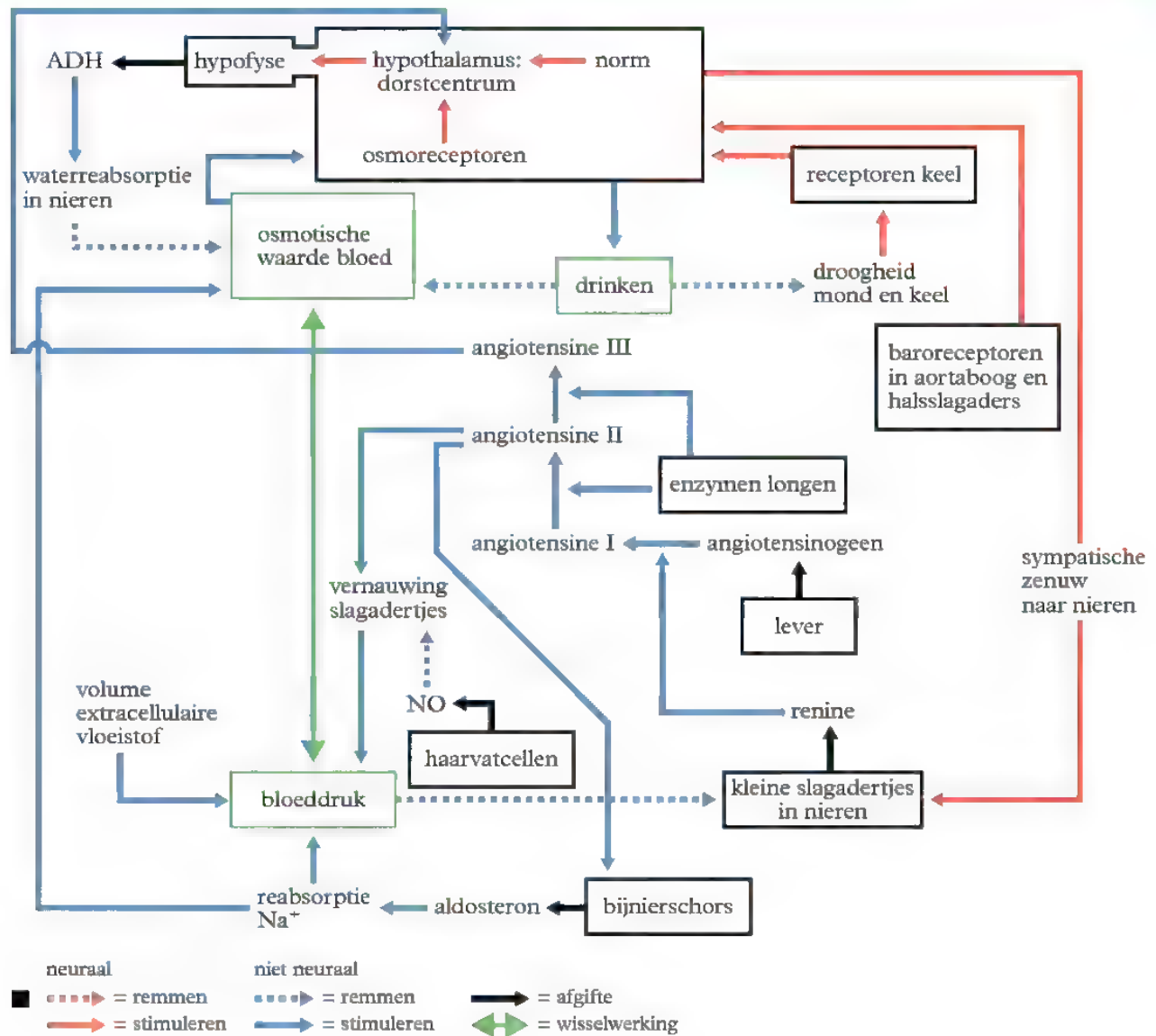


	<i>bloedplasma bevat (in %)</i>	<i>voorurine bevat (in %)</i>	<i>urine bevat (in %)</i>	<i>concentratie- veranderingsfactor (urine/voorurine)</i>
eiwitten	7,5	—	—	—
glucose	0,1	0,1	—	—
waterstofcarbonaat	0,16	0,16	0,1	1 ×
natrium	0,4	0,4	0,35	1 ×
chloride	0,36	0,36	0,6	2 ×
calcium	0,01	0,01	0,03	3 ×
magnesium	0,005	0,005	0,02	4 ×
kalium	0,02	0,02	0,15	7 ×
fosfaat	0,025	0,025	0,4	16 ×
sulfaat	0,005	0,005	0,12	24 ×
ureum	0,03	0,03	2,0	67 ×
creatinine	0,001	0,001	0,07	70 ×

## Concentratieveranderingen in een niereenheid, nefron

De percentages zijn de filtraatvolumes die nog aanwezig zijn tussen het kapsel van Bowman en het einde van het verzamelbuisje. De andere getallen geven de plaatselijke osmotische waarde in  $10^6$  Pa.



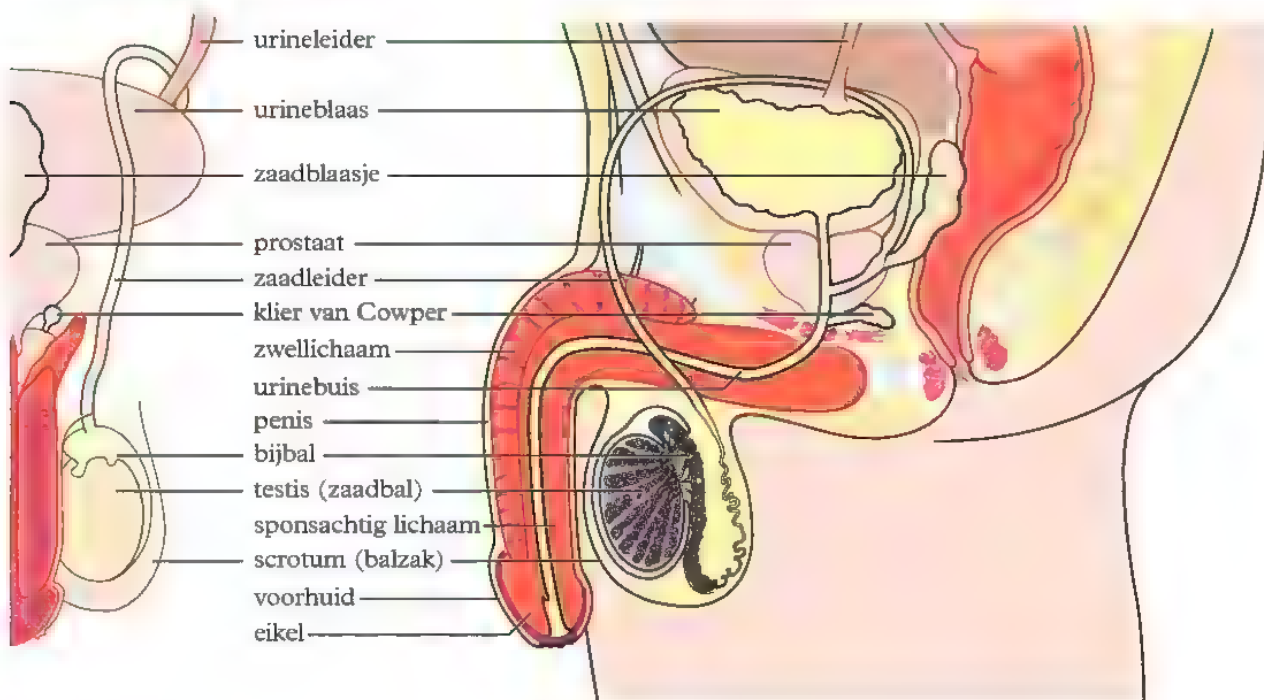




## Ligging in het lichaam

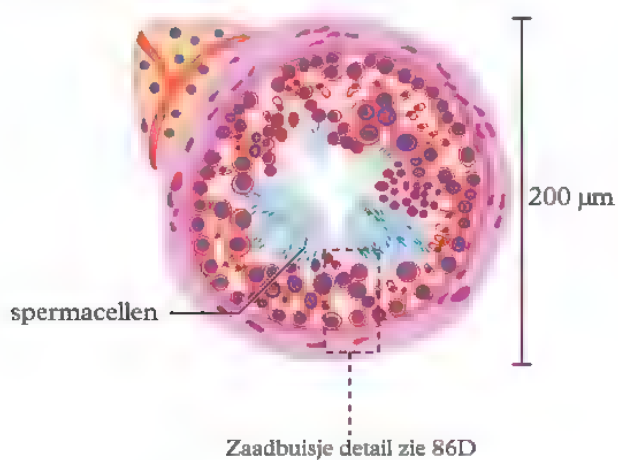
vooraanzicht, linkerhelft

zijaanzicht, doorsnede

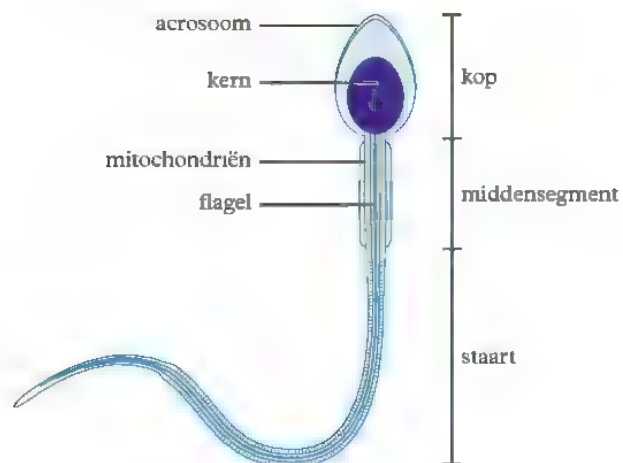


## Zaadbuisje, spermacel

zaadbuisje

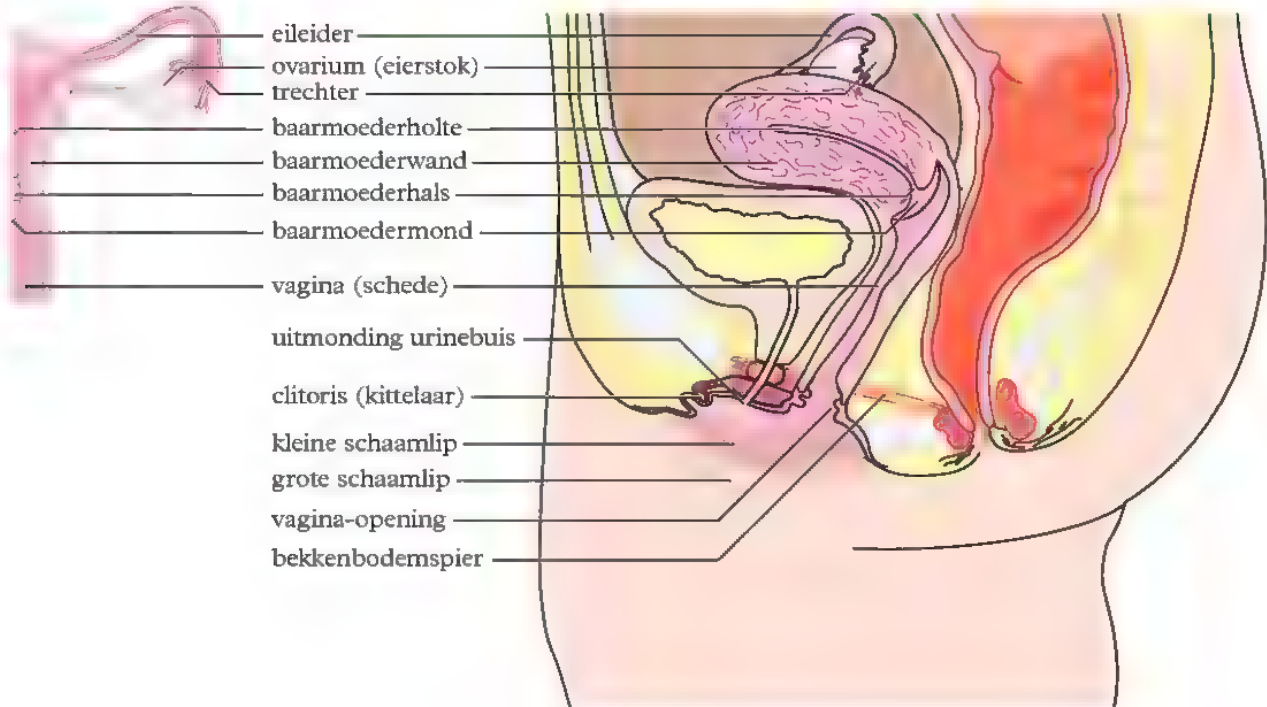


spermacel

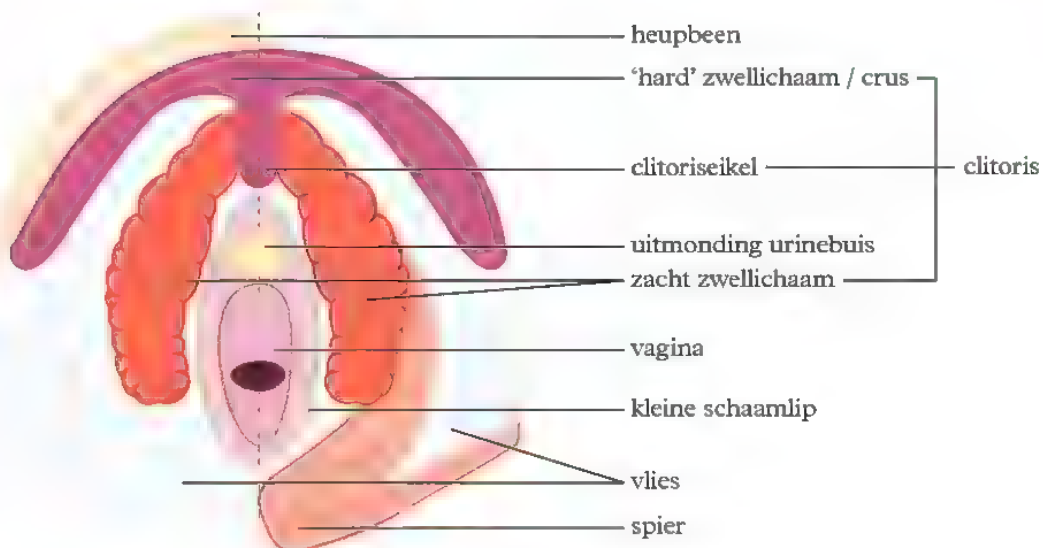


vooraanzicht, doorsnede

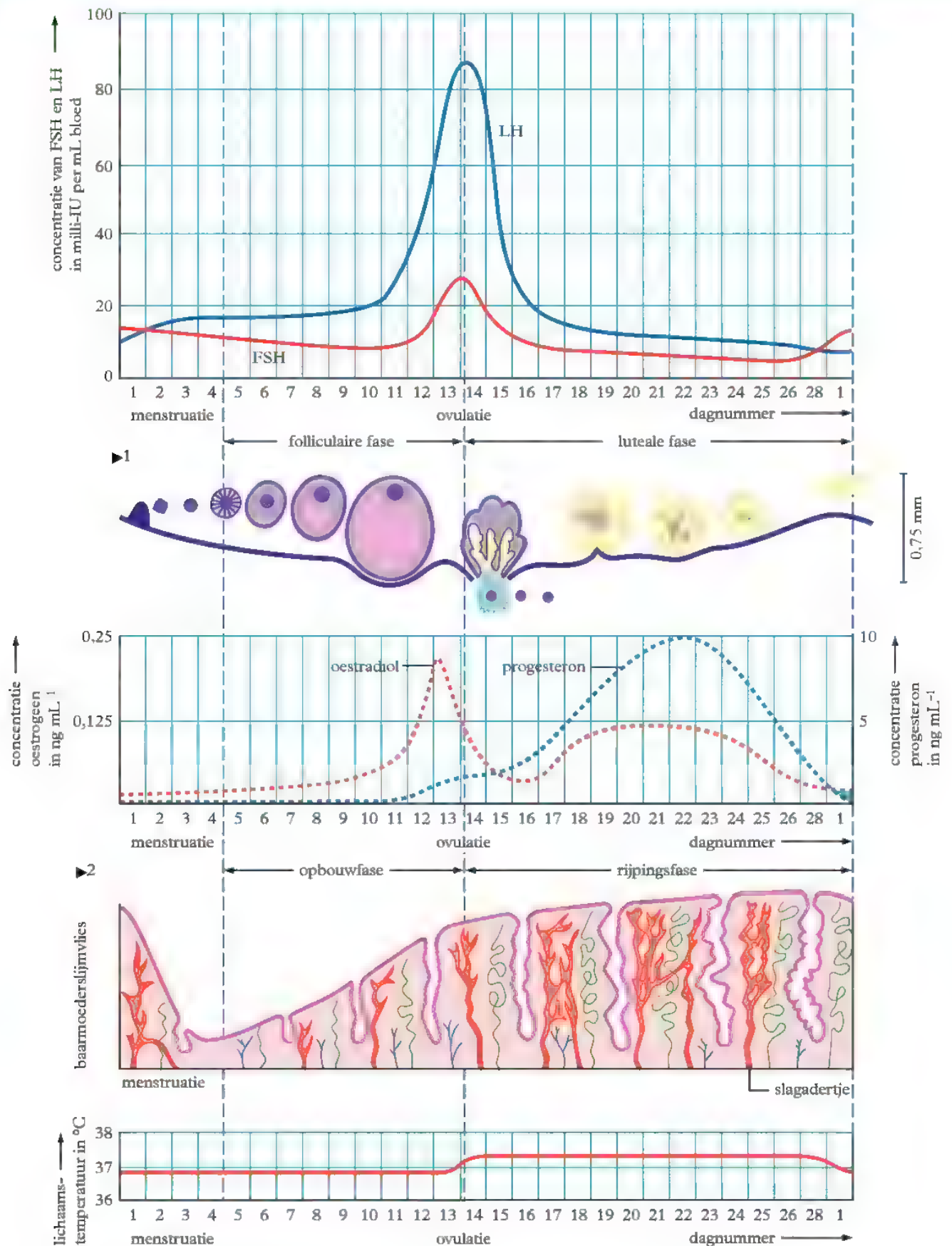
zijaanzicht, doorsnede



Clitoriscomplex onderaanzicht



■ Links en rechts van de stippellijn verschillen door weglatingen.

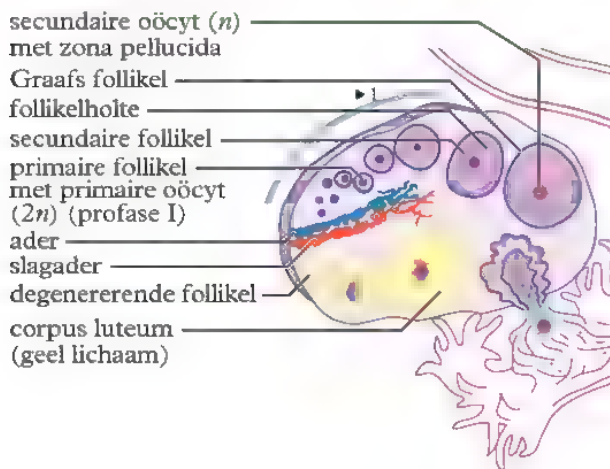


■ Zwangerschap: zie tabel 86E.

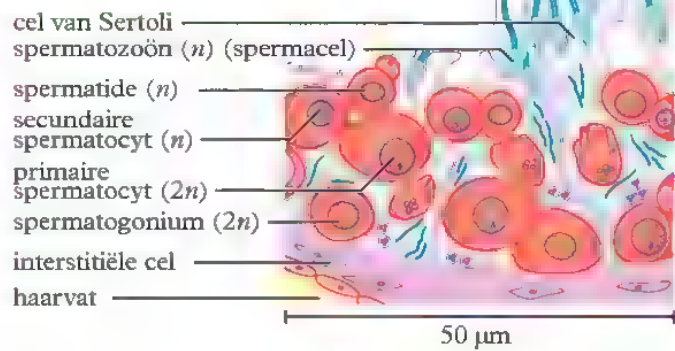
1 ► ontwikkeling follikel c.q. geel lichaam

2 ► ontwikkeling baarmoederslijmvlies met bloedvaten

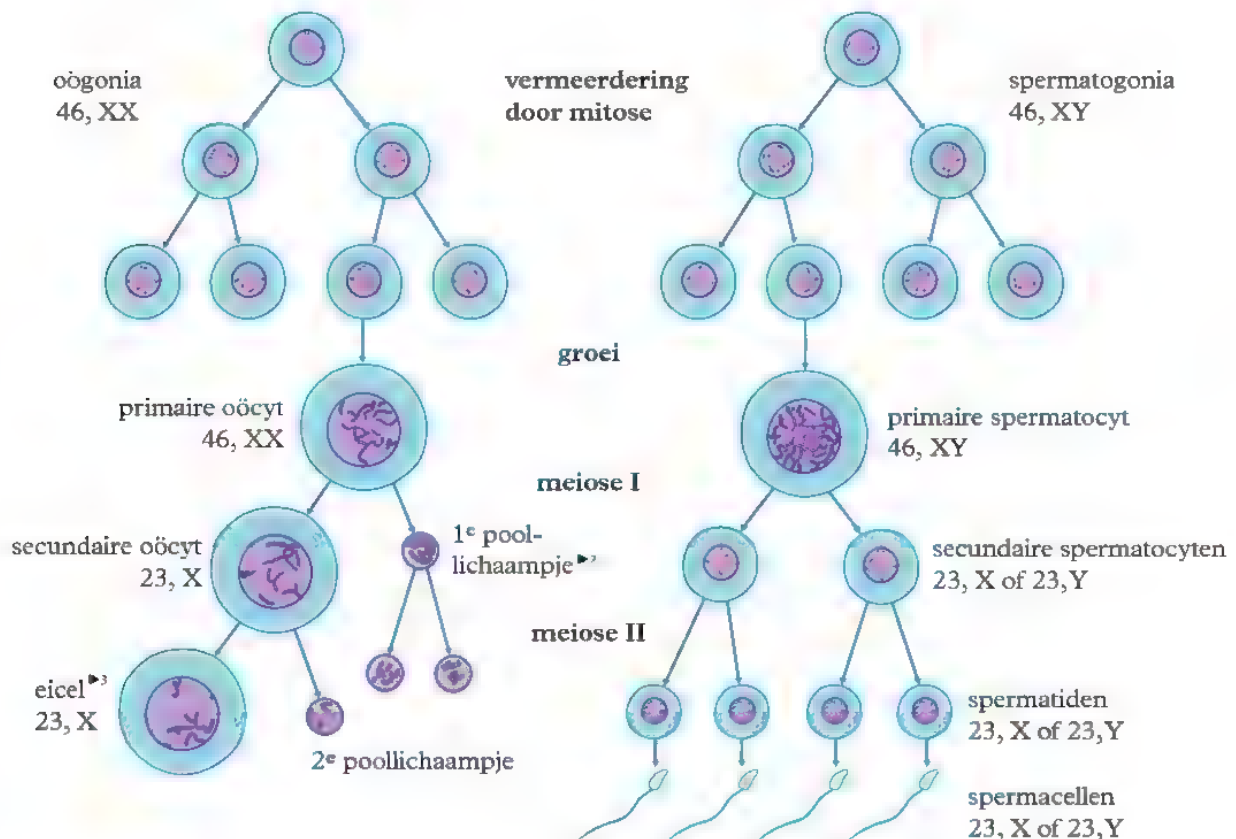
ovarium



zaadbuisje, detail



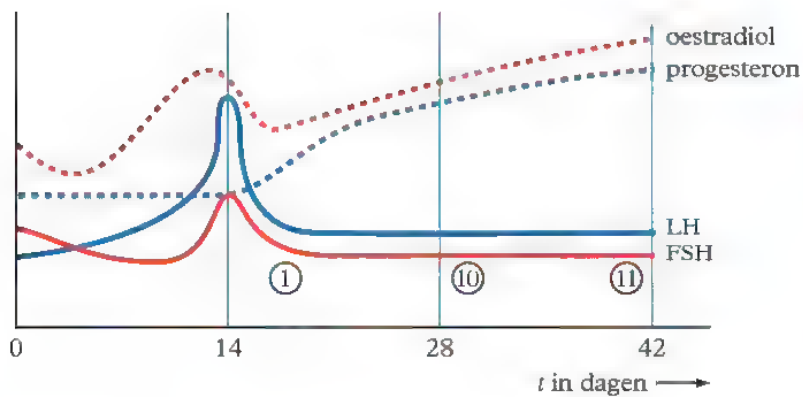
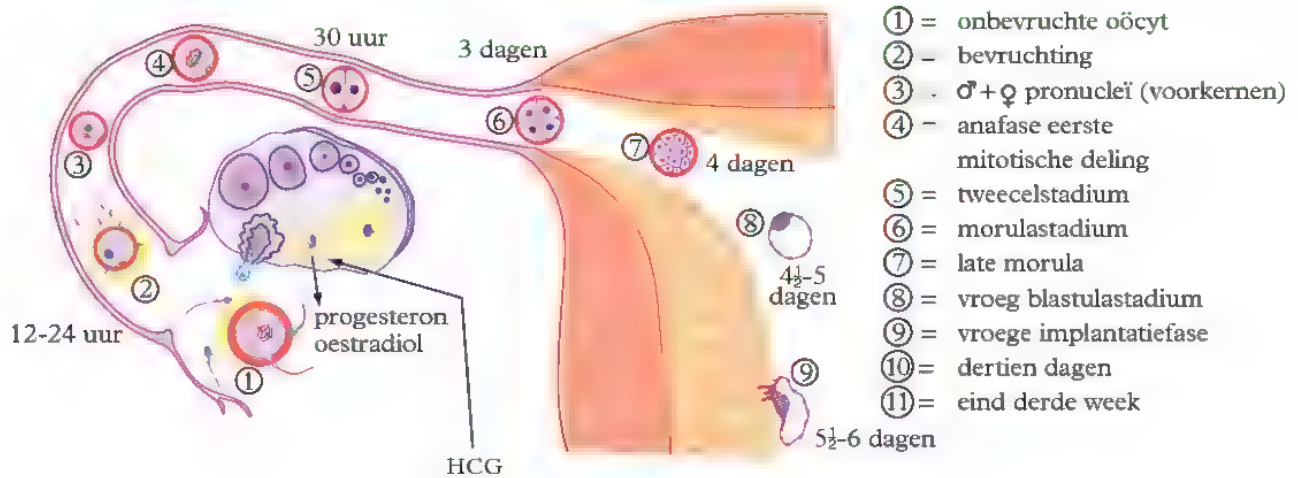
- De verschillende onderdelen zijn niet op dezelfde schaal getekend.
- De verschillende stadia komen in werkelijkheid niet alle tegelijk voor.



- Mitose en meiose: zie tabel 76B.
- 1 ► richting van ontwikkeling
- 2 ► Bij het 1° poollichaampje kan wel of niet meiose II plaatsvinden.
- 3 ► Na bevruchting wordt de meiose II in de eicel voltooid.



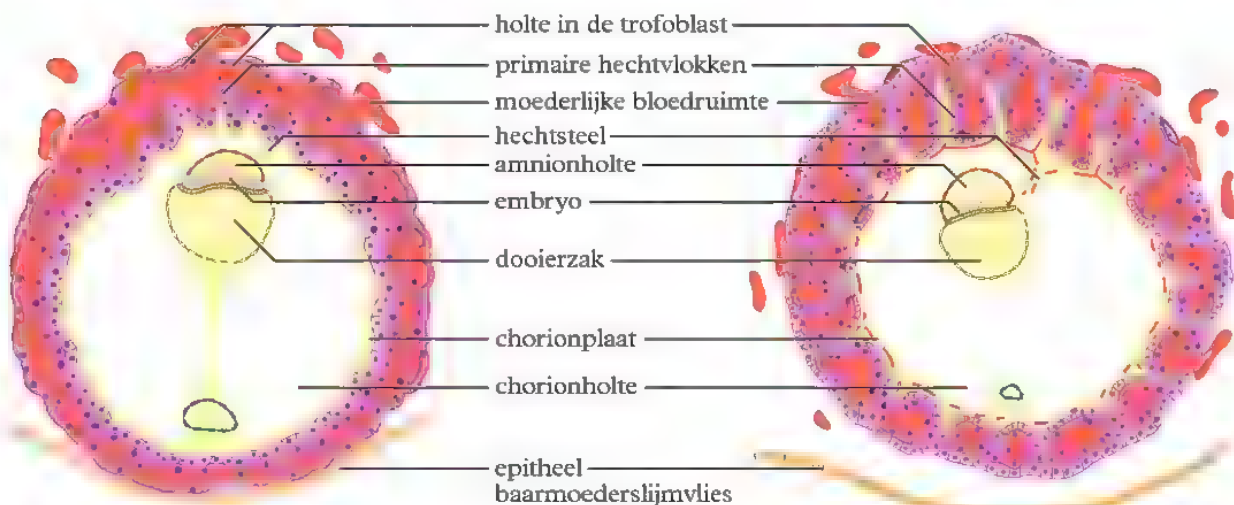
## eerste weken



■ FSH/LH resp. oestrogeen/progesteron in onderlinge verhouding.

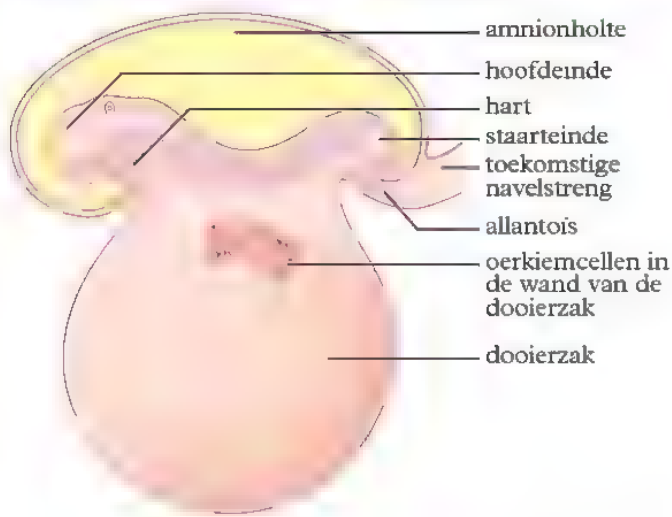
## dertien dagen

## einde derde week





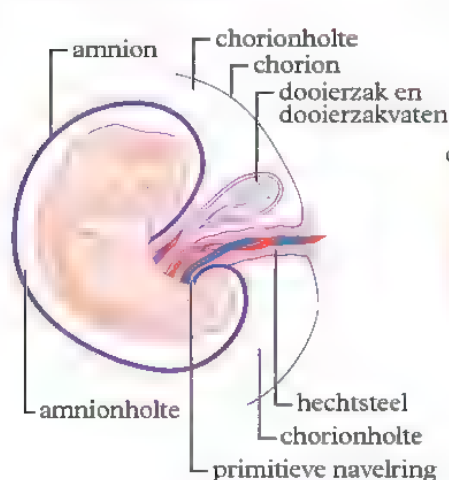
drie weken, alleen embryo met dooierzak



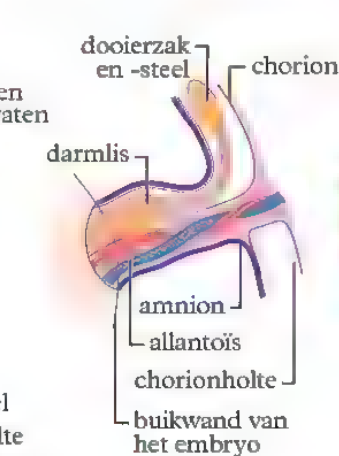
27 dagen, alleen embryo



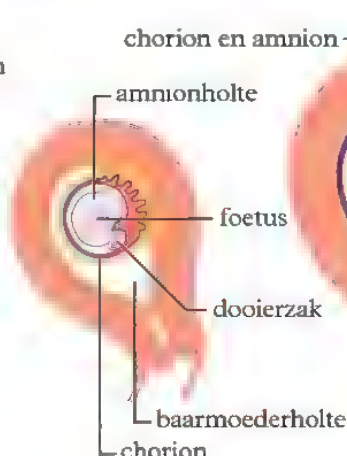
vijf weken, embryo



tien weken, navelstreng



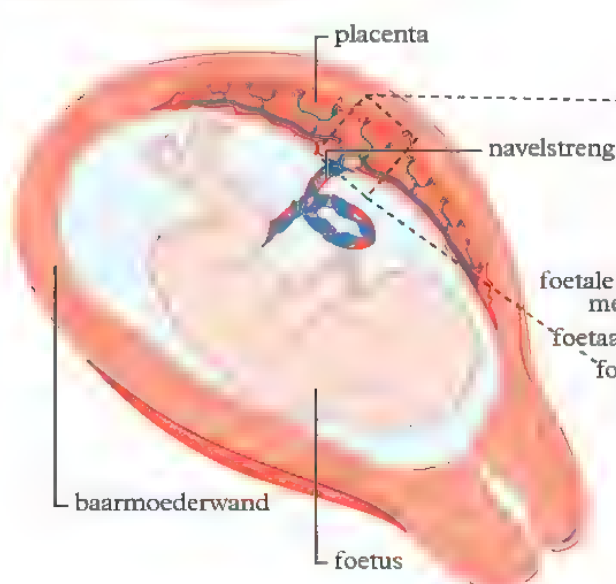
eind tweede maand



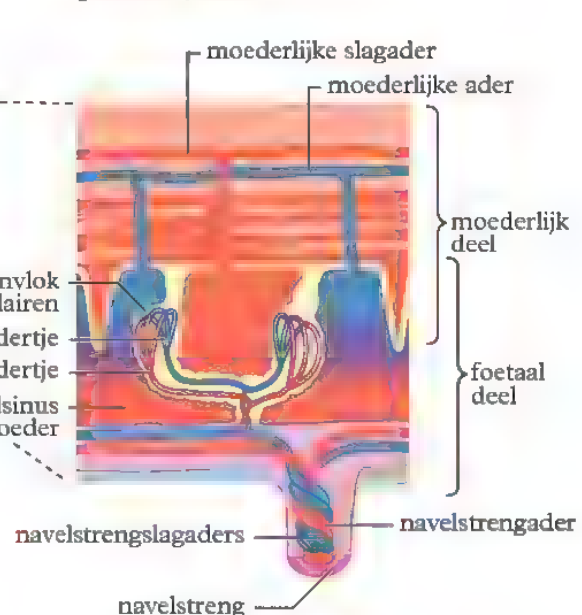
eind derde maand



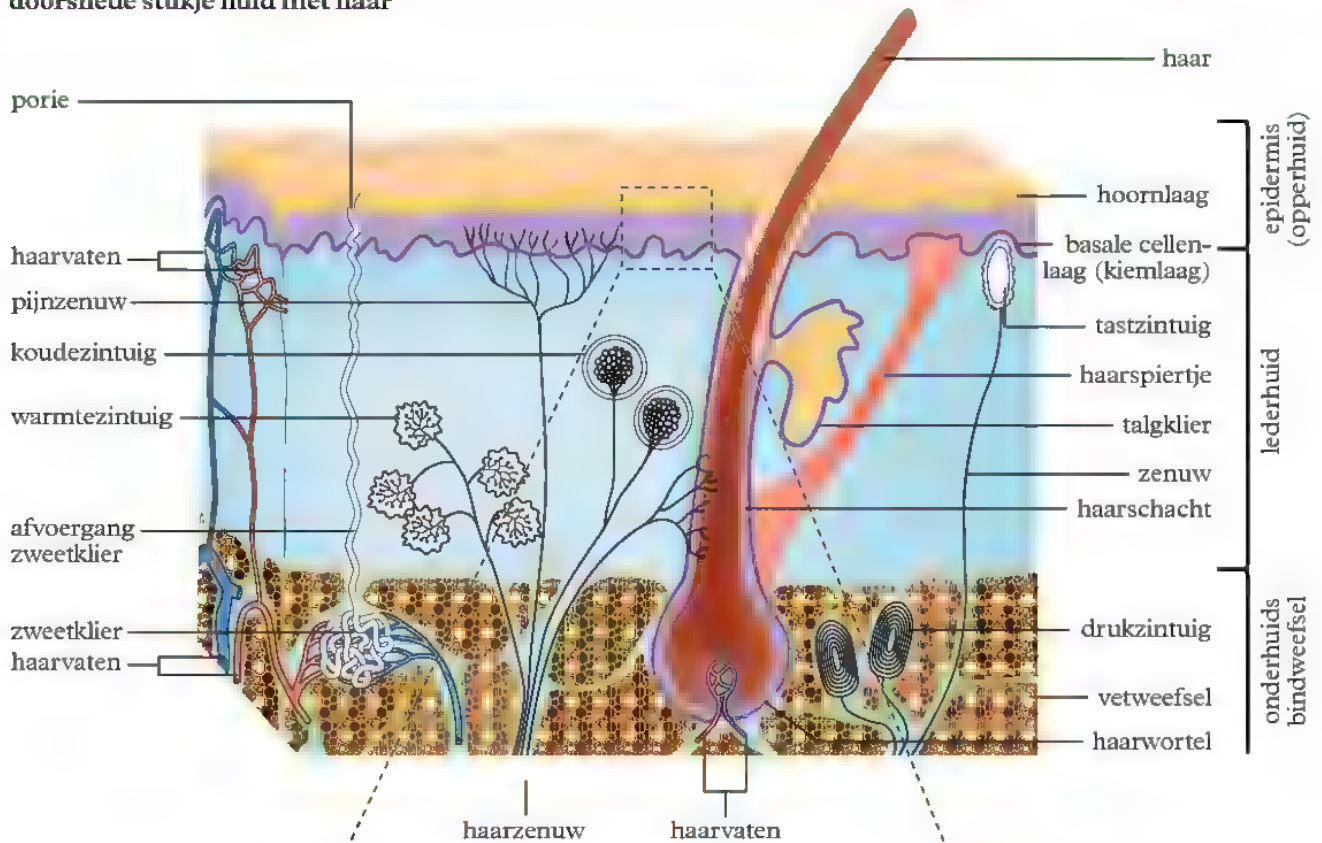
drie-en-een halve maand



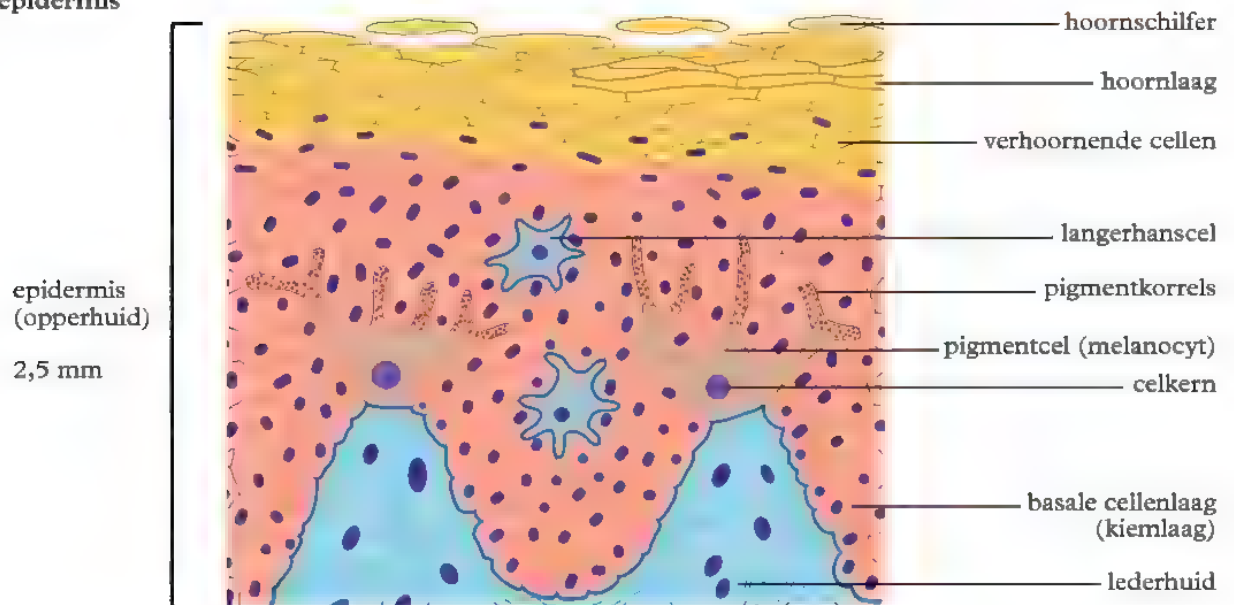
placenta, detail



doorsnede stukje huid met haar

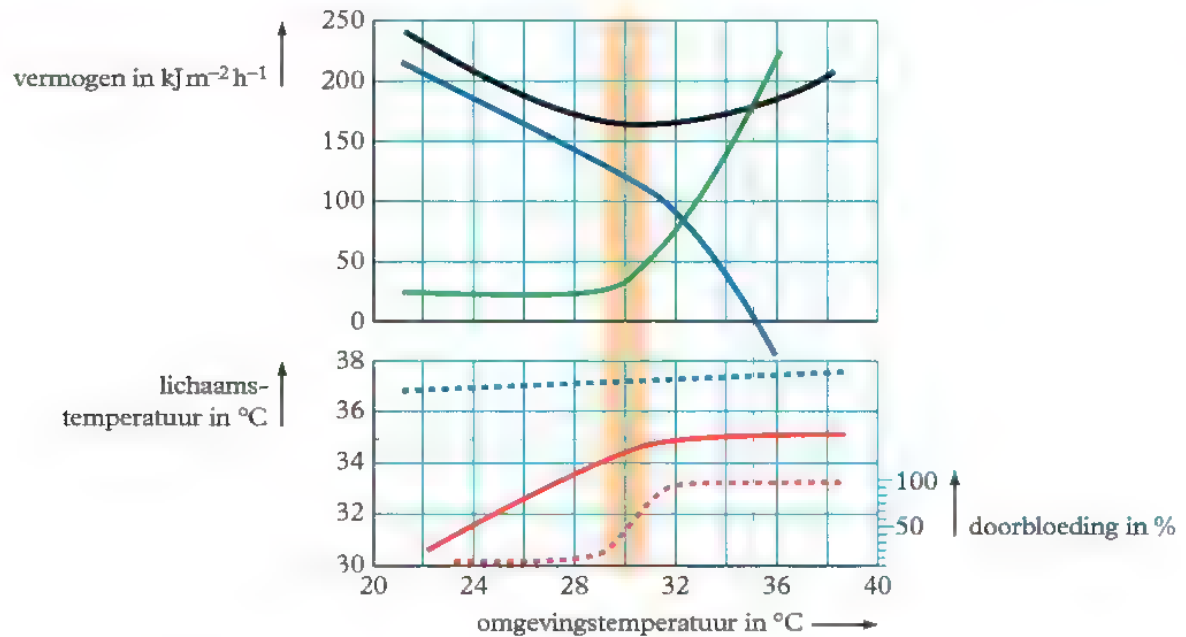


detail epidermis



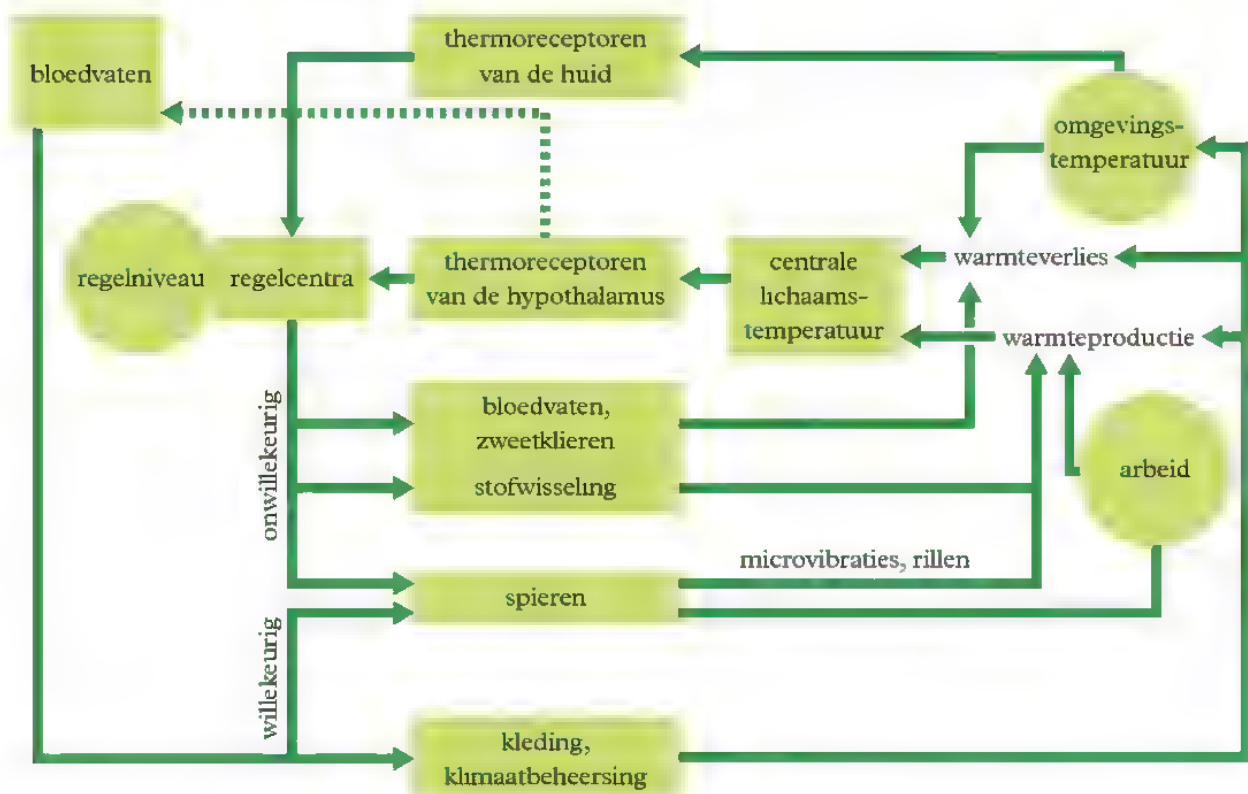
■ Zie ook tabel 27B.

## warmteregulatie bij een rustende niet-geklede mens



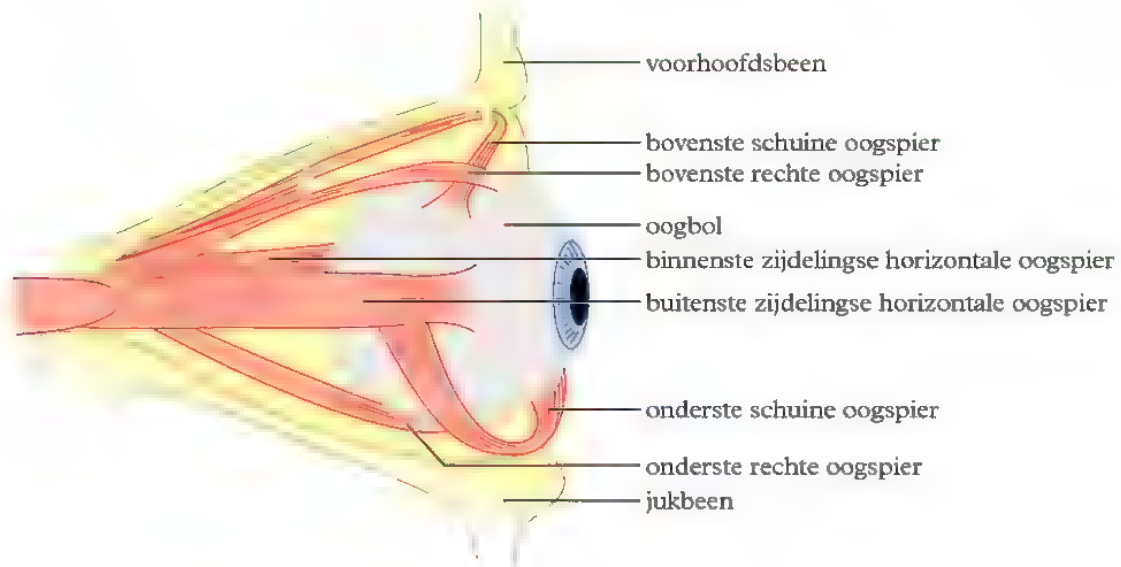
- = warmteproductie van het lichaam
- = warmteafgifte door middel van straling en geleiding
- = warmteafgifte door middel van verdamping
- = huidtemperatuur
- ... = rectale temperatuur
- ... = doorbloeding huid

## schema van de temperatuurregeling



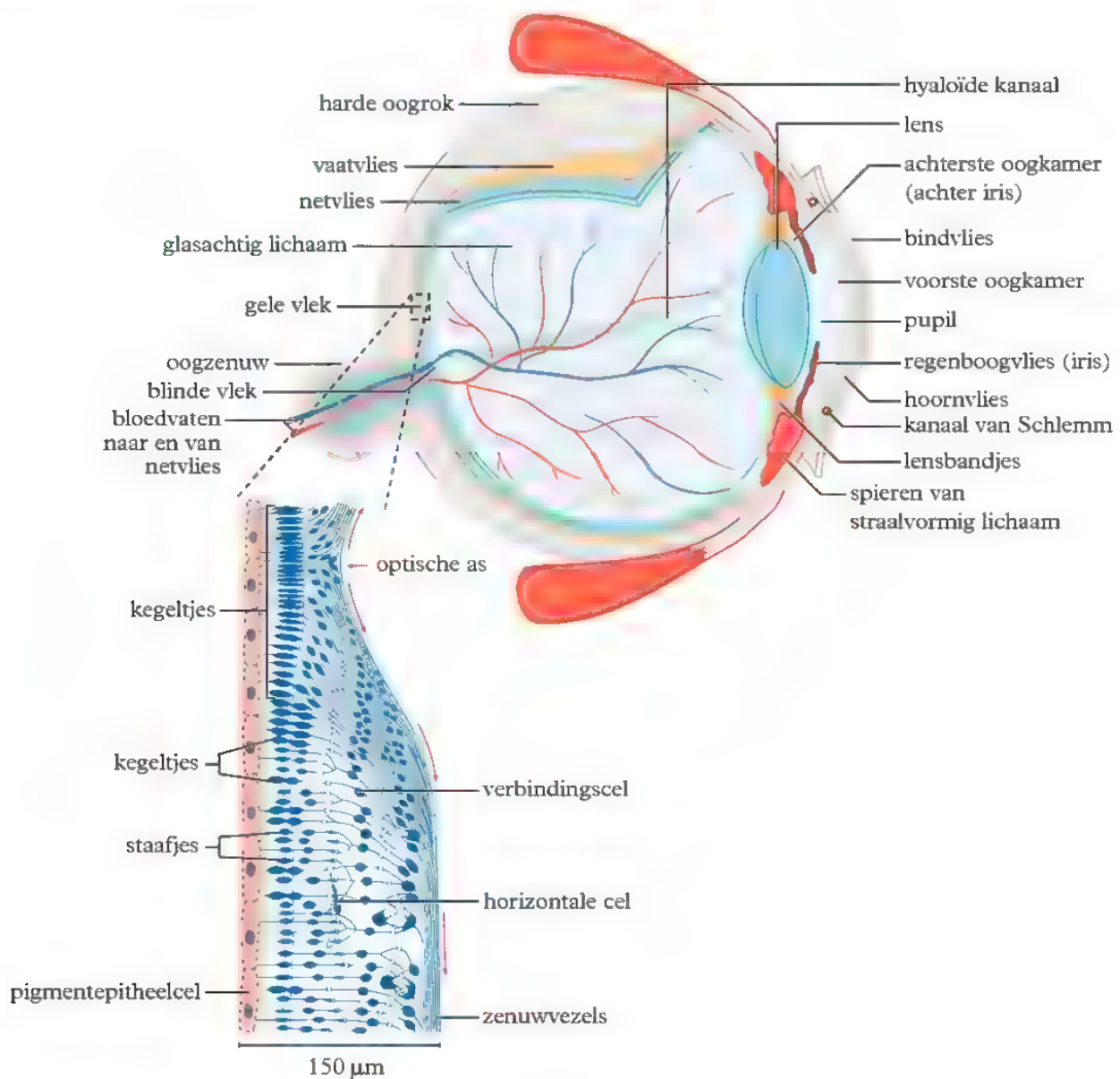
1

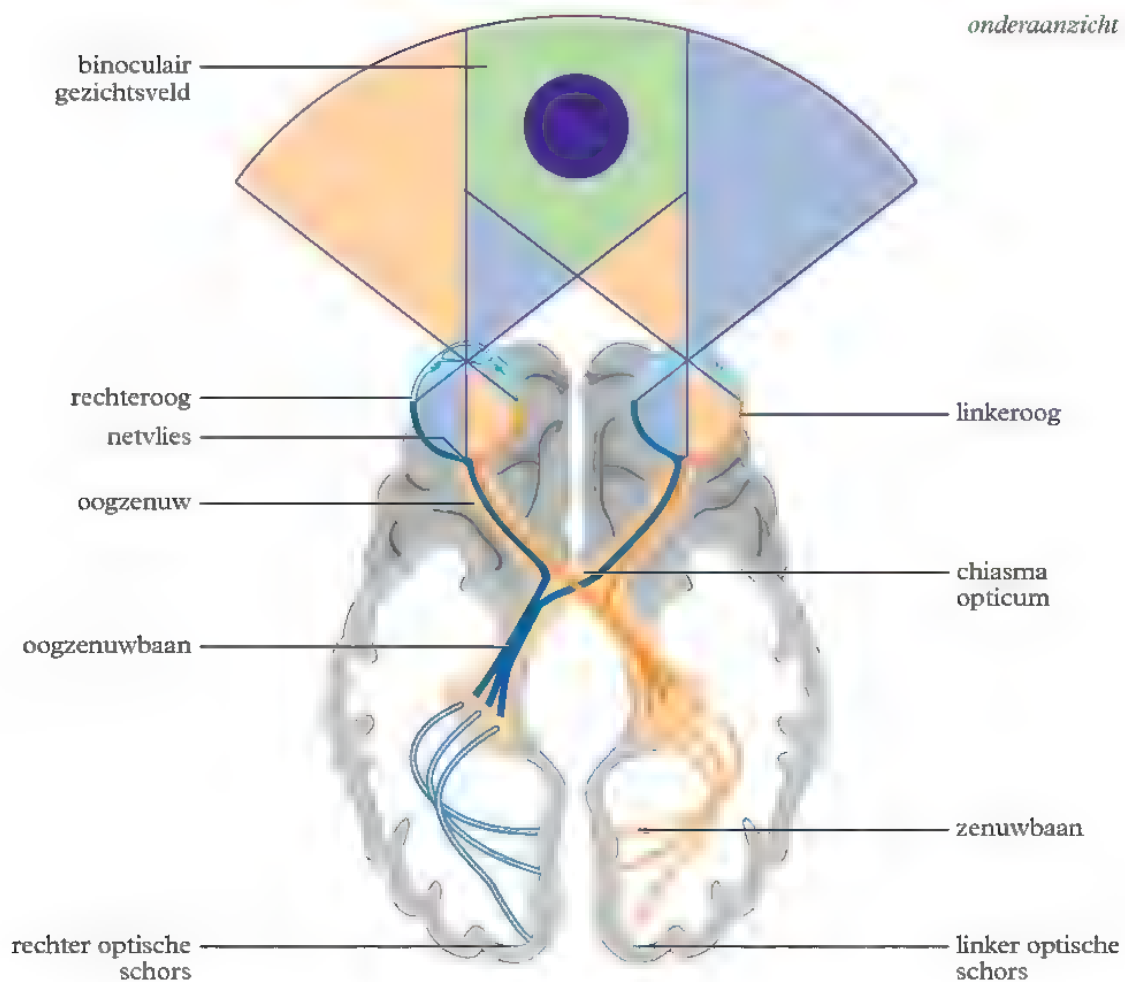
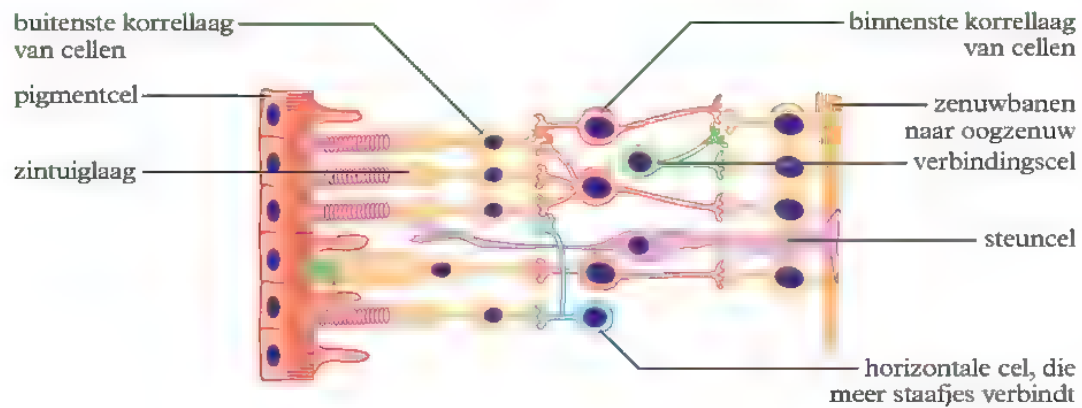
## Oog met oogspieren



2

## Horizontale doorsnede linker oog en structuur netvlies

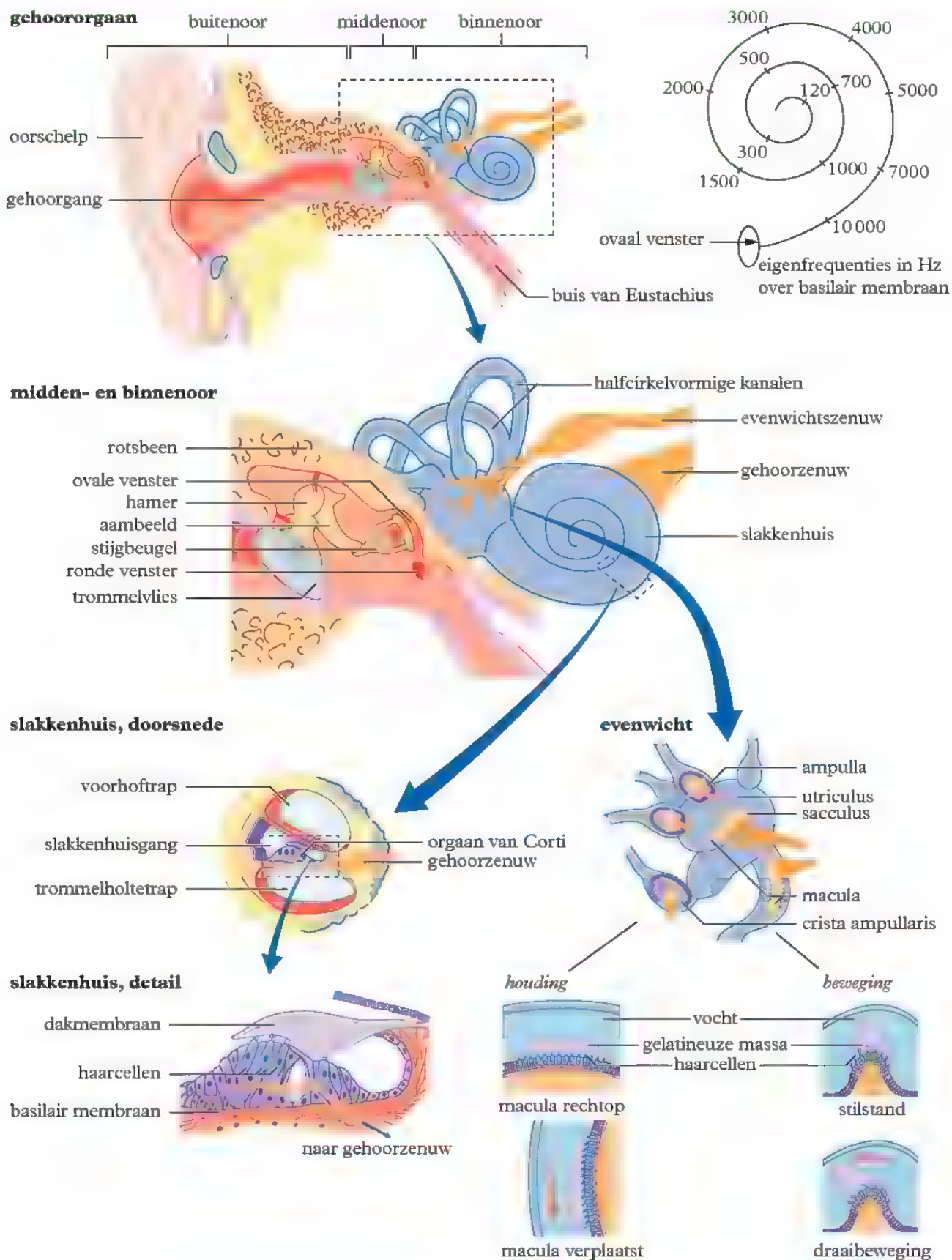




■ Brekingsindices in het oog (mens): zie tabel 18.

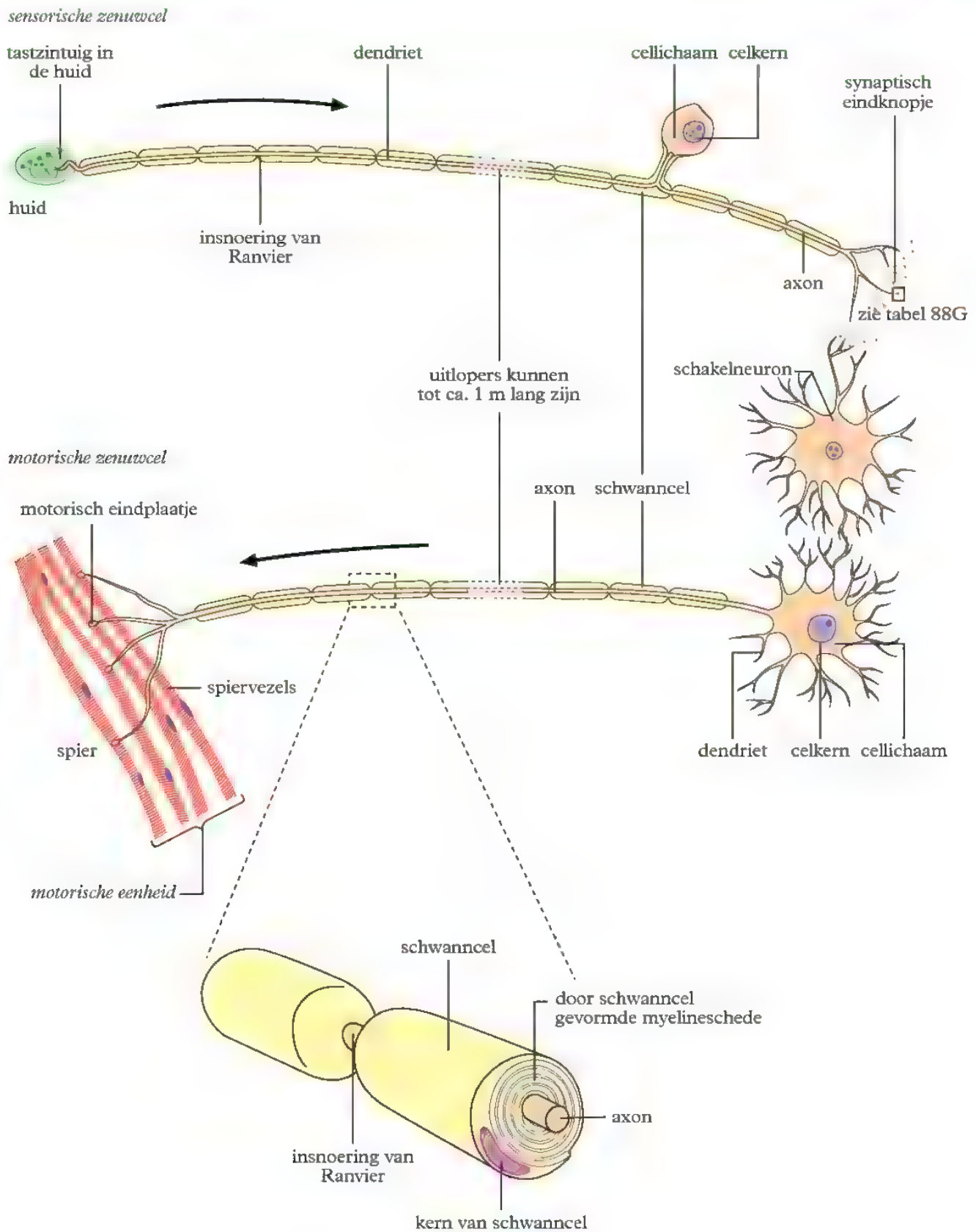
■ Fysische eigenschappen van het oog (mens): zie tabel 27A.





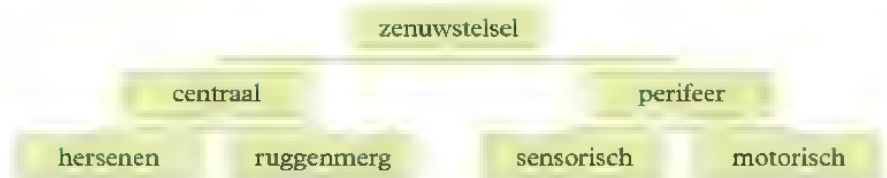
■ Akoestische schaal voor de mens: zie tabel 15D.

■ Oor (mens) en gevoergevoeligheid: zie tabel 27C.

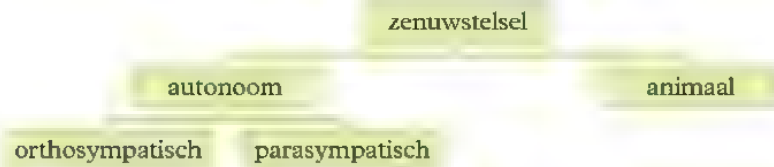


## Indelingen zenuwstelsel

## anatomische indeling



## functionele indeling

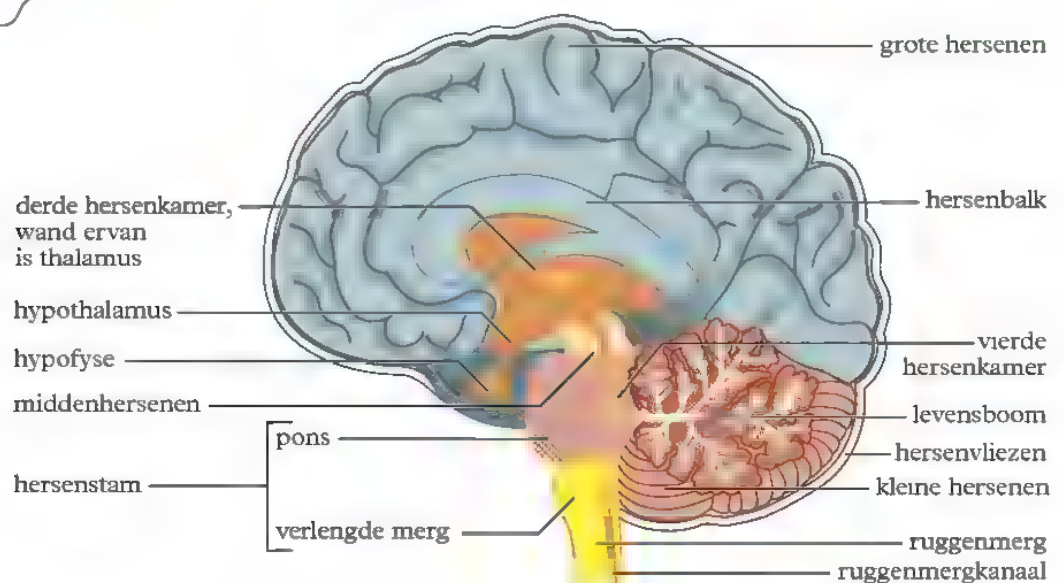
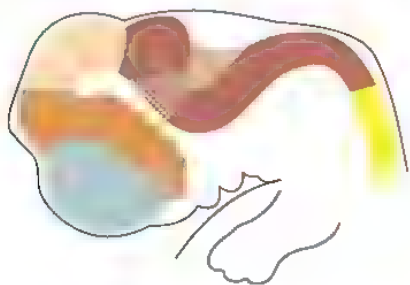


## Anatomie van de hersenen

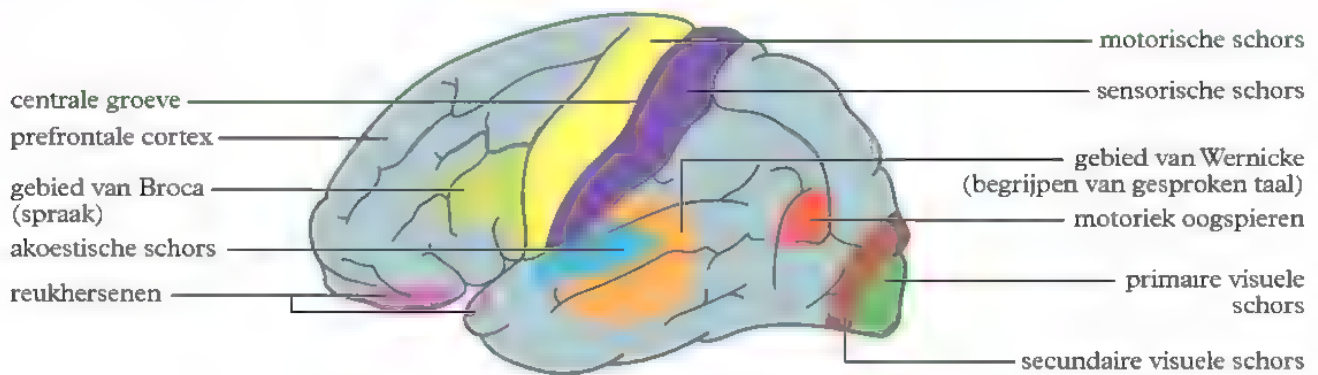
## 1

## Mediane doorsnede

hersenen in de 5<sup>e</sup> week van de embryonale ontwikkeling

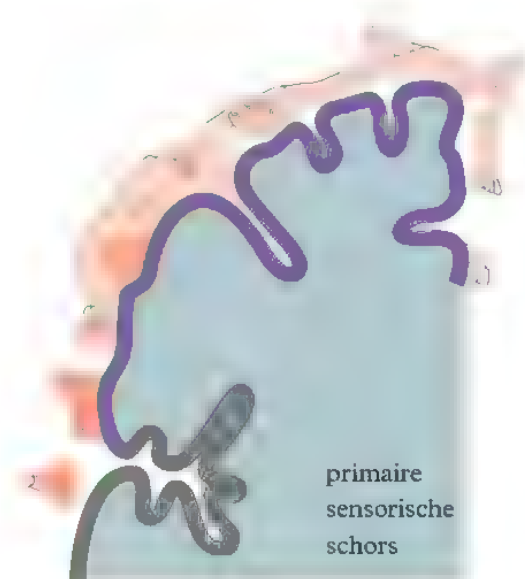
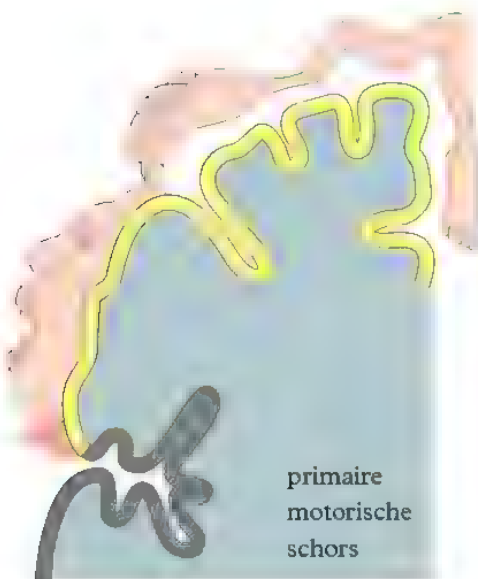


■ Dezelfde kleuren geven overeenkomstige hersendelen aan.



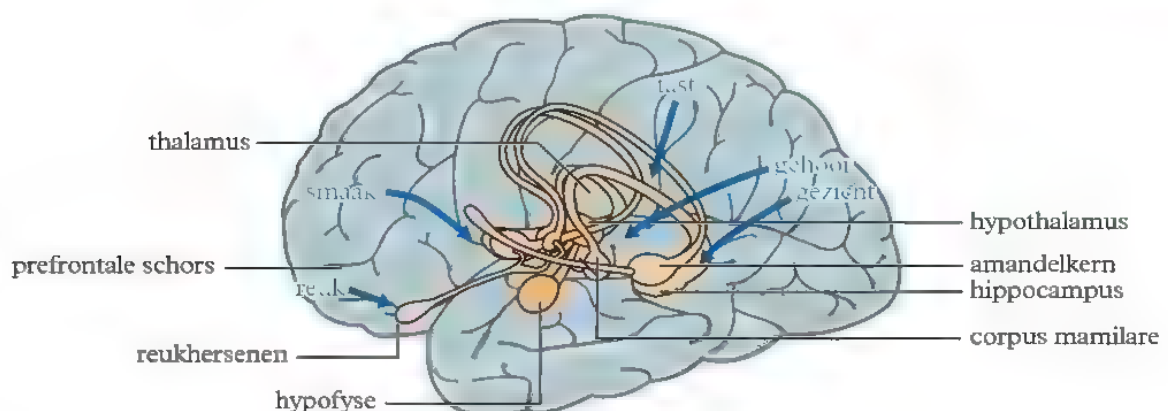
Projectie van lichaamsfuncties op een dwarsdoorsnede langs de centrale groeve

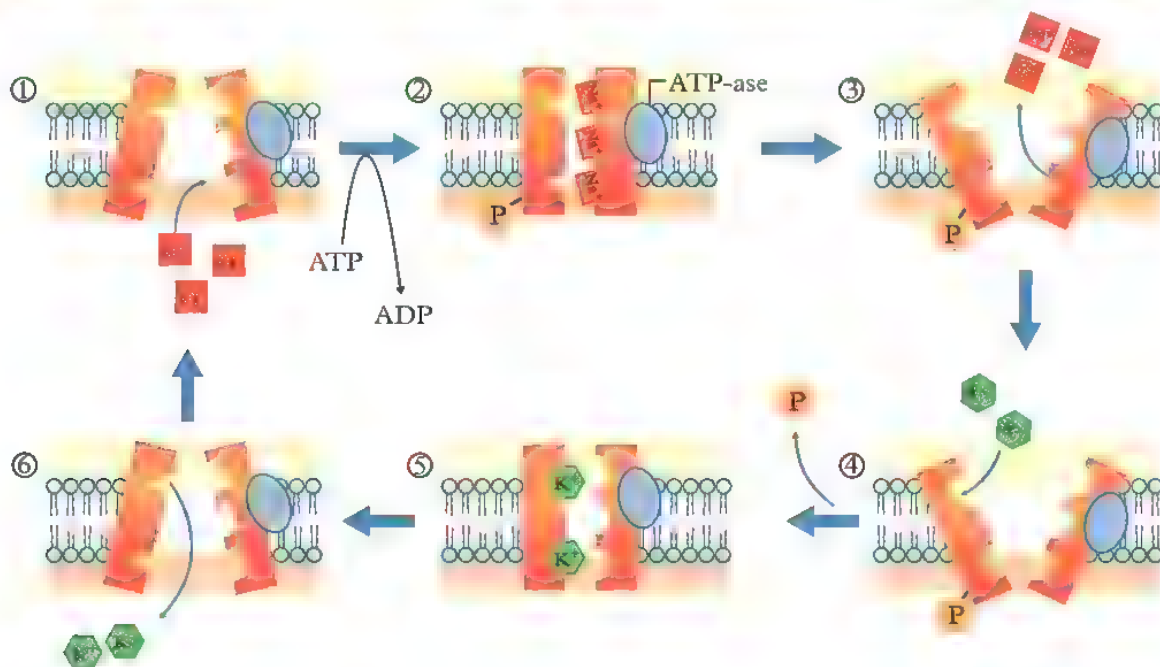
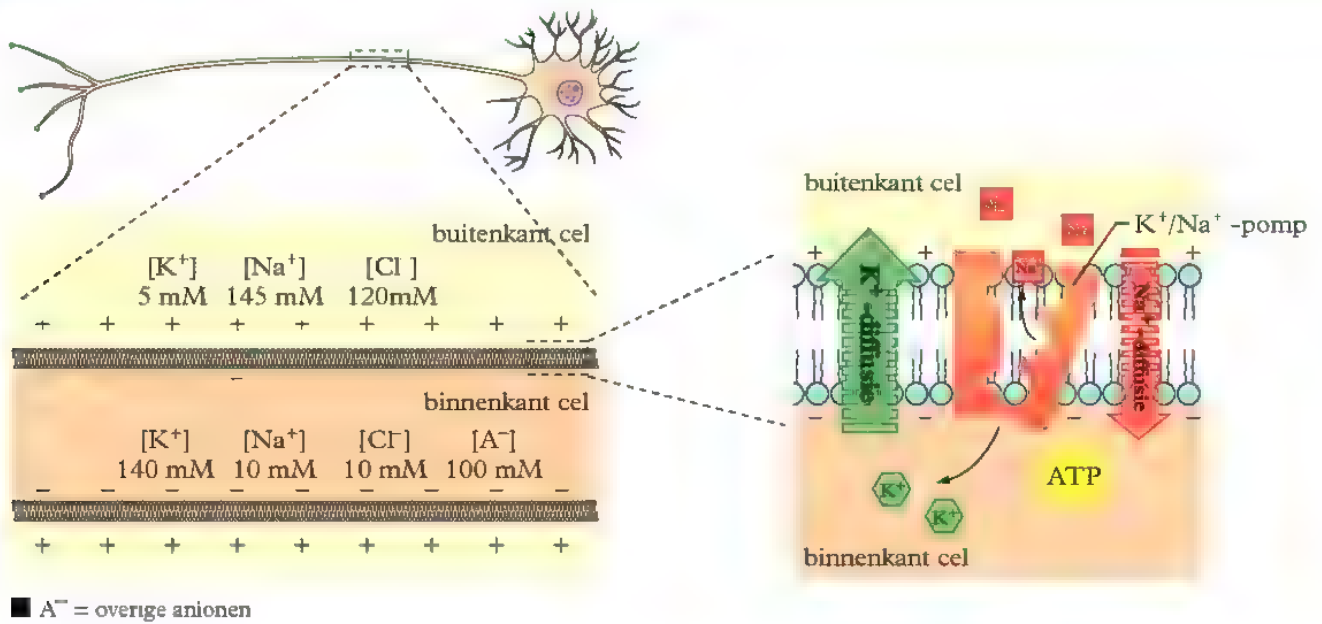
3



Limbisch systeem en invloed zintuiggebieden

4

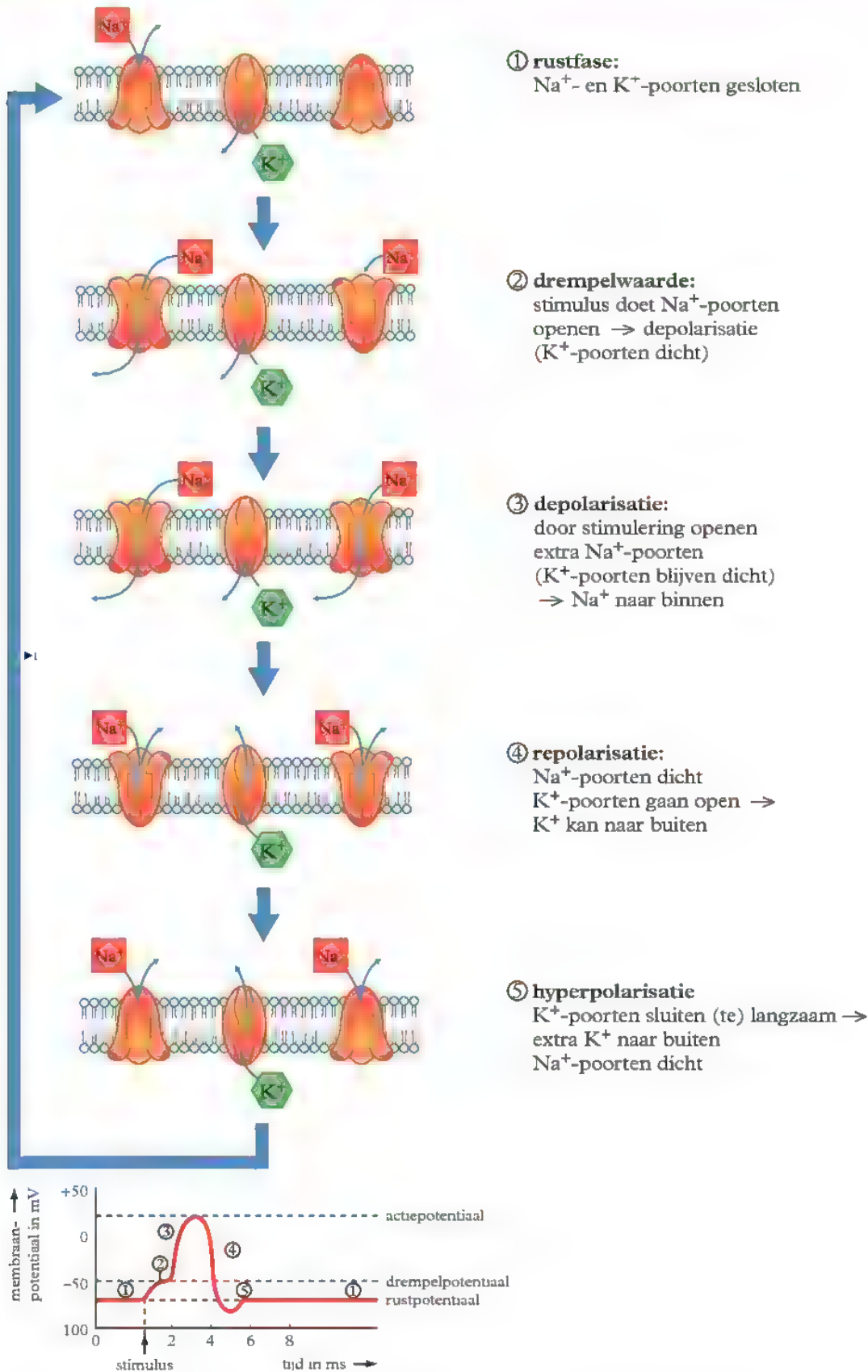




① binding van Na<sup>+</sup>  
 ② fosforylering  
 ③ vormverandering  
 "pomp"-enzym →  
 afgifte Na<sup>+</sup> naar buiten

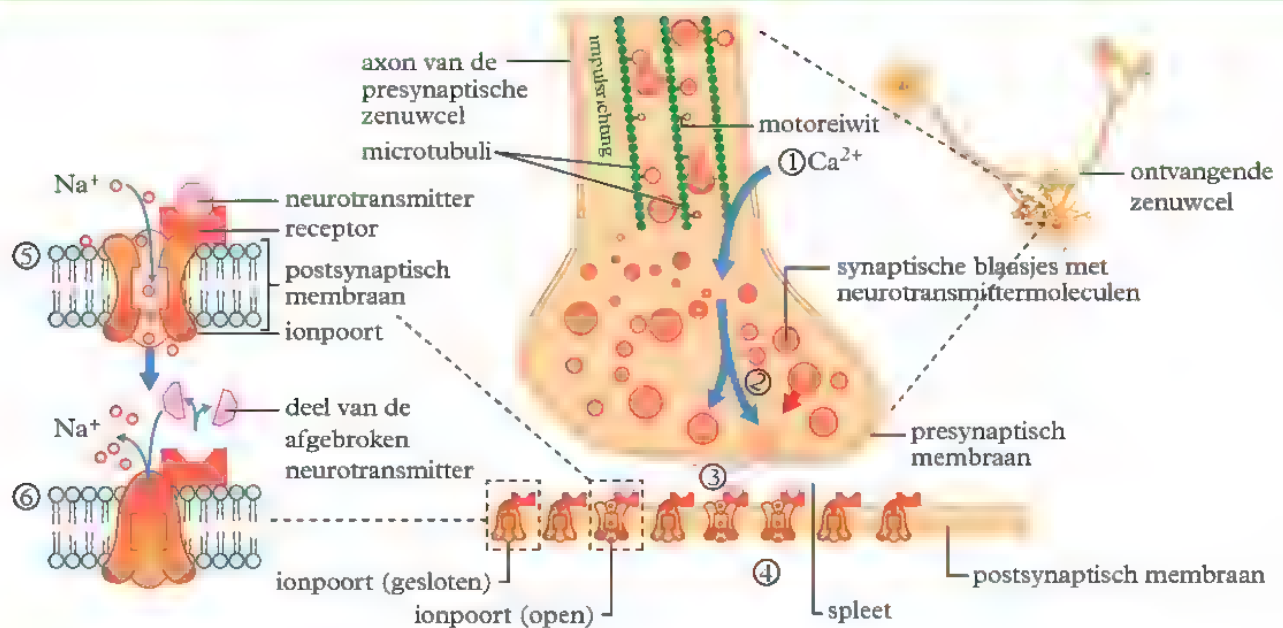
④ binding van K<sup>+</sup>  
 ⑤ defosforylering  
 ⑥ vormverandering  
 "pomp"-enzym →  
 afgifte K<sup>+</sup> naar binnen



Uitwisseling  $K^+$  en  $Na^+$  door celmembraan bij actiepotentiaal

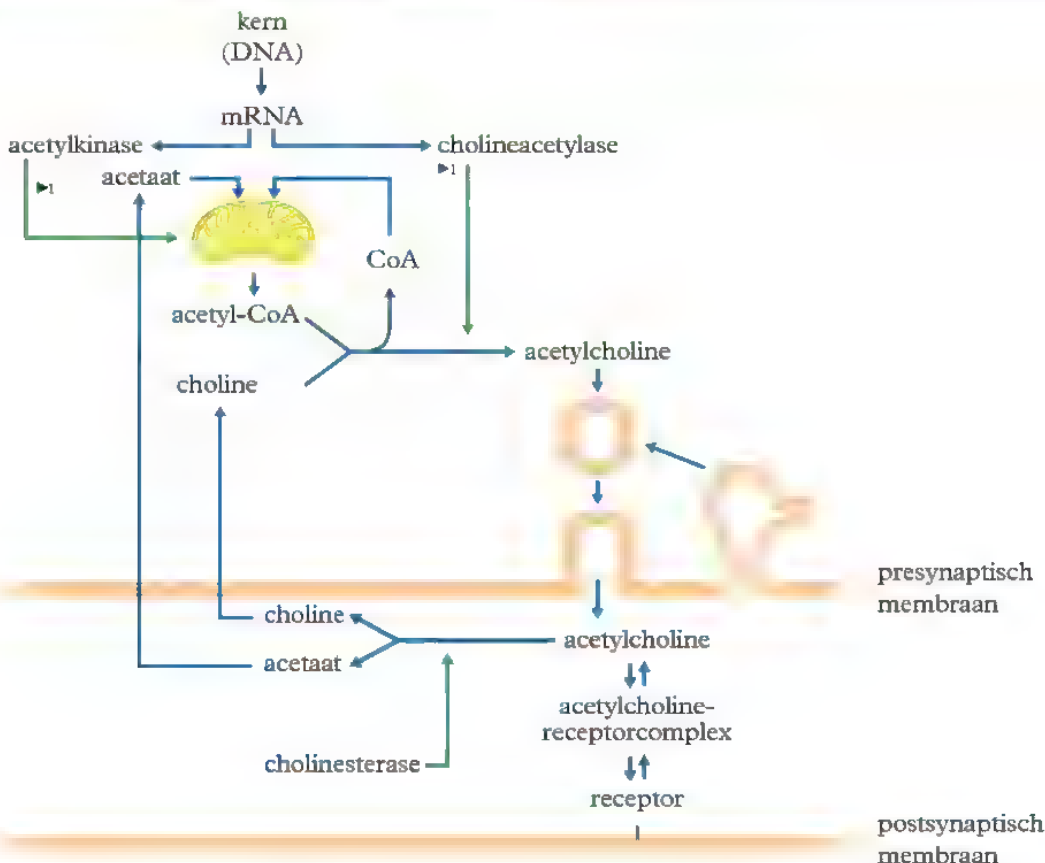
■ Omdat de actiepotentiaal hoofdzakelijk negatief is, is bij 3 en 4 de situatie negatief (binnen) getekend.

1 ► Bij langere rustfase worden de geringe hoeveelheden  $K^+$ - en  $Na^+$ -ionen door de  $K^+-Na^+$ -pomp teruggebracht: zie tabel 88E.



- ① o.i.v. impuls worden  $\text{Ca}^{2+}$ -ionen opgenomen
- ② o.i.v.  $\text{Ca}^{2+}$ -ionen worden synaptische blaasjes gemobiliseerd
- ③ versmelting van de blaasjes met presynaptisch membraan, neurotransmitter in spleet
- ④ reactie van neurotransmitter: reageert met receptor
- ⑤ ionpoort gaat open,  $\text{Na}^+$  gaat door postsynaptisch membraan → excitatie
- ⑥ afbraak (of wegdiffrundieren) van neurotransmitter, ionpoort gesloten

■ Voor inhibtie geldt een vergelijkbaar proces van neurotransmitter met  $\text{K}^+$ -poorten →  $\text{K}^+$  extra naar buiten.

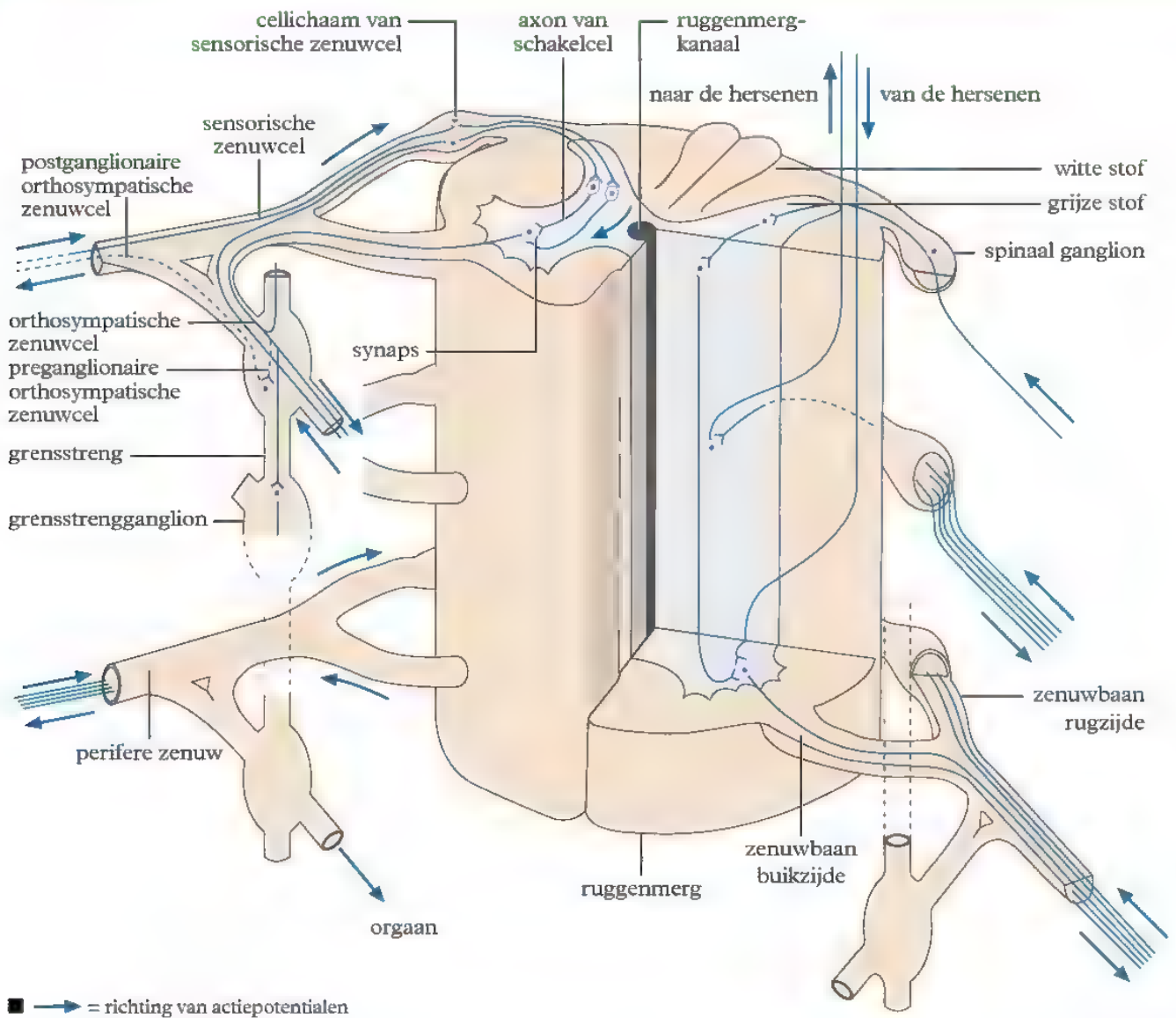


■ CoA – co-enzym A

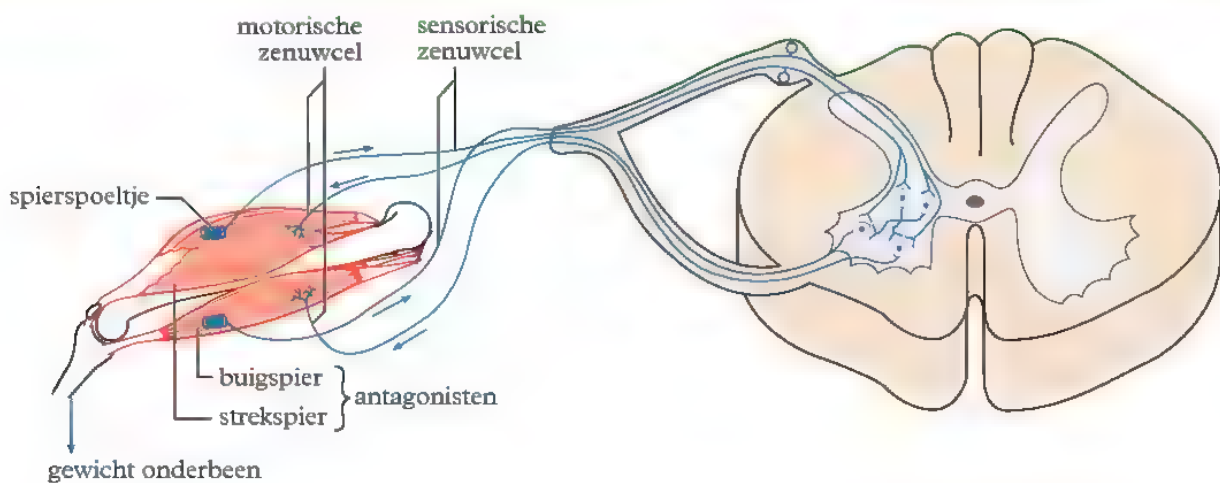
1 ► transport via axon naar synaps

neurotransmitter met receptor(en)	voorkomen in het zenuwstelsel	opmerkingen
glycine GlyR	buikzijde van het ruggenmerg	post-synaptisch membraan meer permeabel voor $\text{Cl}^-$ -ionen – antagonist: o.a. cafeïne en strychnine
asparaginezuur	buikzijde van het ruggenmerg	opent $\text{Na}^+$ - en $\text{Ca}^{2+}$ -ionkanaaltjes
glutaminezuur AMPA NMDA-glutamaat	prefrontale cortex, hippocampus en amygdala	meest algemene excitatoire neurotransmitter – opname van $\text{Ca}^{2+}$ bevordert plasticiteit hersenen
gamma-aminoboterzuur GABA <sub>A</sub> GABA <sub>B</sub>	in alle hersendelen	belangrijkste inhibitor – post-synaptisch membraan meer permeabel voor $\text{Cl}^-$ -ionen – alcohol, barbituraten en benzodiazepinen versterken het GABA-effect
acetylcholine muscalinerge ( $\text{ACh}_M$ ) nicotinerge ( $\text{ACh}_N$ ) nicotinerge ( $\text{ACh}_{Nm}$ )	parasympatische eindsynapsen; limbisch systeem ( $\text{ACh}_M$ ) neuronen met basis in voorste hersenen met projecties naar o.a. hersenschors, hippocampus en amygdala; ortho- en parasympatische ganglia ( $\text{ACh}_N$ ) motorische eindplaten van skeletspieren ( $\text{ACh}_{Nm}$ )	agonisten: zenuwgassen (b.v. sarin), acetylcholinesteraseremmers (veroorzaken in eerste instantie blijvende prikkeling, uiteindelijk depolariserende spiesslapt) – muscarine ( $\text{ACh}_M$ ), nicotine ( $\text{ACh}_N$ , $\text{ACh}_{Nm}$ ) – antagonist: atropine, scopolamine, spierverslappers – botulinetoxine remt afgifte van ACh – afsterven cholinerge neuron – alzheimerverschijnselen
dopamine DRD <sub>1-5</sub>	basis in de middenhersen, projectie naar de basale ganglia – wijd verspreid in de hersenen	o.a. ecstasy en (met)amfetamine stimuleren de afgifte van dopamine en remmen heropname, cocaïne remt alleen heropname – afsterven dopaminerge zenuwen – parkinsonverschijnselen
serotonine 5HT <sub>1-7</sub> (5-hydroxy-tryptaminereceptoren)	centrale deel hersenstam (2%) bloed (8%) neuronen in het darmkanaal (90%)	mescaline werkt in op de receptoren – LSD bindt aan receptoren, met cascade van reacties – hallucinaties
adrenaline (epinefrine) noradrenaline (norepinefrine) $\alpha_1$ , $\alpha_2$ en $\beta_{(1, 2 \text{ en } 3)}$	orthosympaticus ( $\alpha_1$ , $\alpha_2$ ) bovenste deel hersenstam, projecties naar alle hersengebieden ( $\beta_{(1, 2 \text{ en } 3)}$ )	contractie gladde spieren ( $\alpha_1$ ) contractie gladde spieren, inhibitie afgifte neurotransmitter ( $\alpha_2$ ), contractie hartspier, relaxatie gladde spieren, glycogenolyse ( $\beta_{(1, 2 \text{ en } 3)}$ ) antagonisten: diverse $\alpha$ - en $\beta$ -blokkers – cocaïne blokkeert de adrenalinepoorten – o.a. ecstasy en (met)amfetamine stimuleren de afgifte van noradrenaline (ook van dopamine en serotonine) en remmen heropname (laatste geldt ook voor cocaïne)
opioïde peptiden (endorfinen, enkefalinen, dynorfinen) opioïde receptoren	sensorische, limbische en hypothalamische gebieden in de hersenen, grote aantallen in de amygdala en het periductale grijze gebied	remmen de $\text{Ca}^{2+}$ -poorten en verminderen de gevoeligheid voor neurotransmitters – opiaten kunnen de receptoren bezetten – co-transmitters die de afgifte van o.a. glutamaat van dezelfde synaps moduleren – doorgaans inhibitor
cannabioïden anandamide 2-arachidonoylglycerol CB1, CB2	voedingscentrum hypothalamus, bewegingscoördinatiegebieden, verspreid door grote en kleine hersenen	op presynaptisch membraan het remmen van afgifte glutamaat en ACh – versterken afgifte dopamine – reguleren stemmingen – cannabis bezet de receptoren (o.a. THC)
histamine H <sub>1-4</sub>	achterste deel hypothalamus en delen limbisch systeem	receptoren in grote aantallen aan mestcellen – inductie allergische reacties – regeling slaapprocessen m.n. waakzaamheid

## Schema van het ruggenmerg

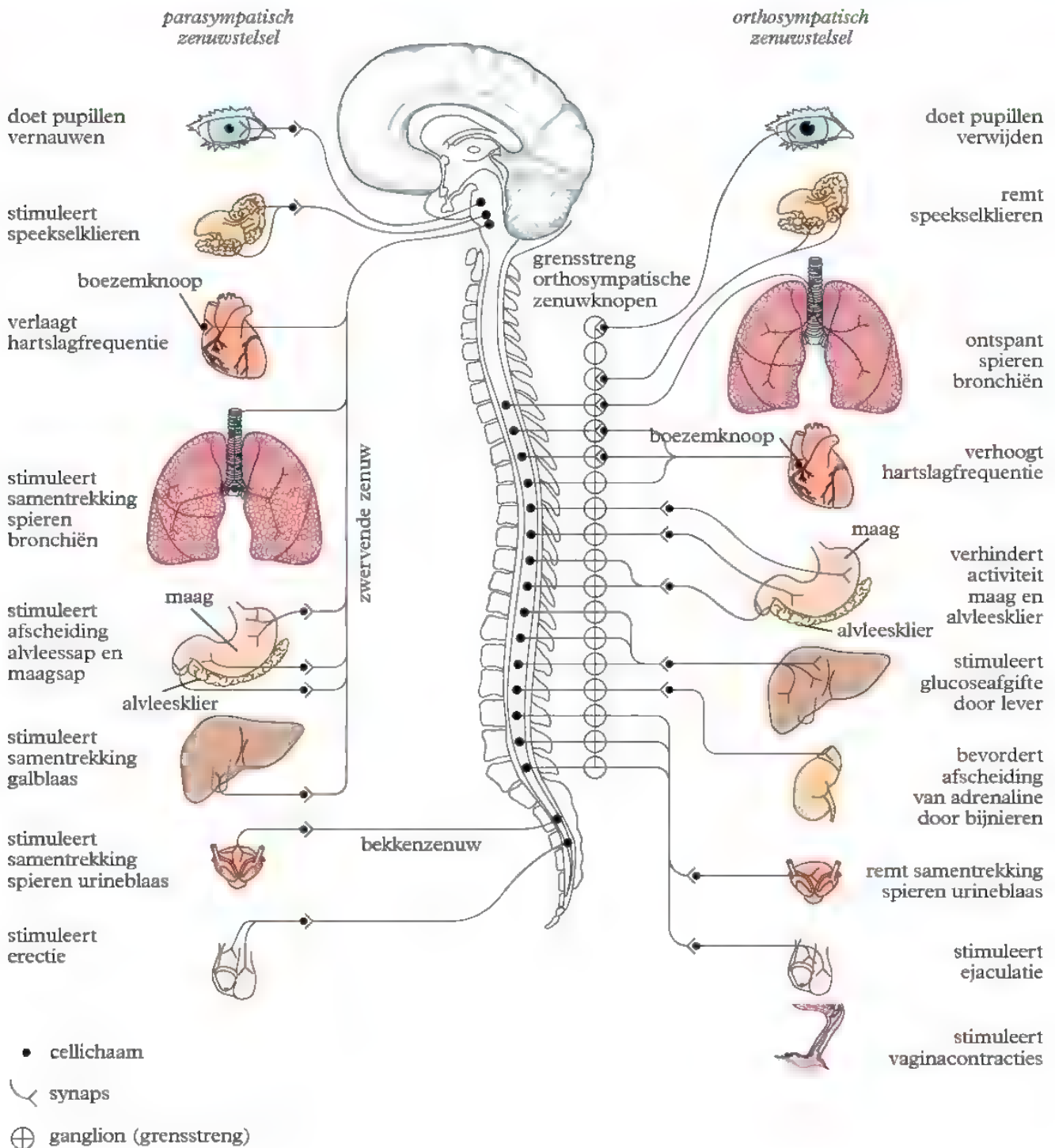


## Kniespeesreflex





## invloeden en innervatie van ortho- en parasympatisch zenuwstelsel op organen





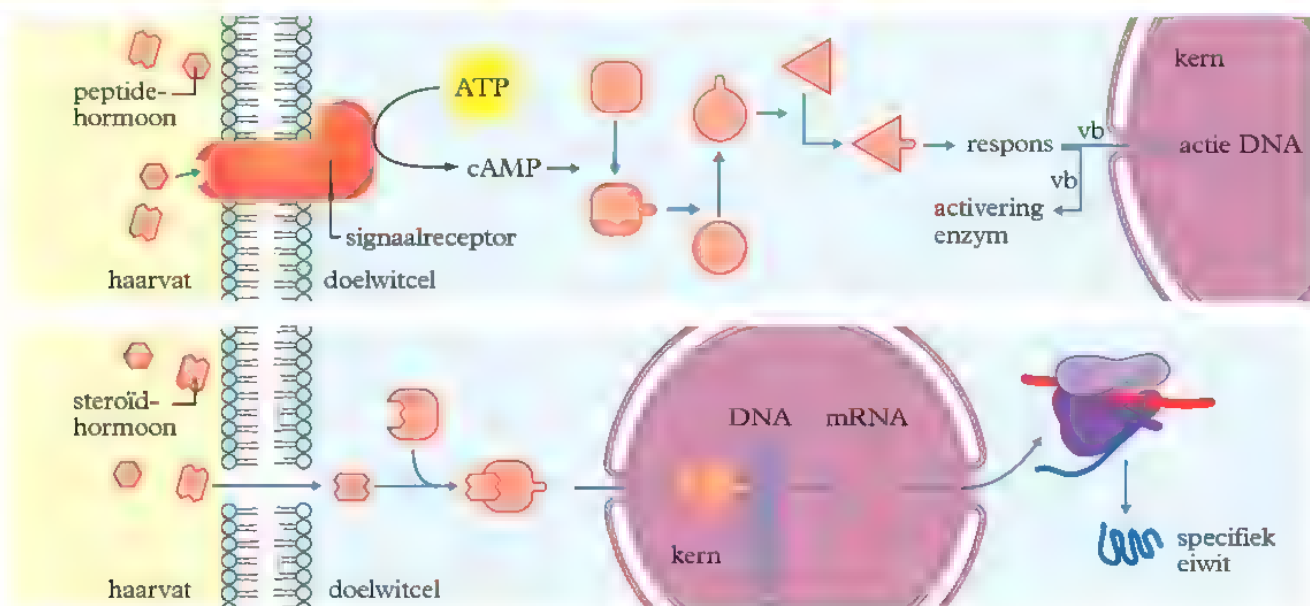
<i>herkomst</i>	<i>naam van het hormoon</i>	<i>voornaamste werking</i>
• <i>hypothalamus</i>	neurohormonen <sup>▶1</sup> aanzettende (releasing) hormonen GRH, CRH, TRH, GnRH, LTH-RH remmende (inhibiting) hormonen GIH en LTH-IH	regeling secretie hypofysehormonen stimulering afgifte van resp. GH, ACTH, TSH, FSH & LH, LTH remming afgifte van resp. GH en LTH
• <i>hypofyse</i>		
achterkwab	de neurohormonen: oxytocine <sup>▶1</sup> antidiuretisch hormoon <sup>▶1</sup> (ADH) (vasopressine)	contractie baarmoederwand – melksecretie terugresorptie water in nieren – verhoging bloeddruk bij hoge concentratie
voorkwab	groeihormoon <sup>▶1</sup> (GH)  adrenocorticotroop hormoon (ACTH) thyreotroop hormoon <sup>▶1</sup> (TSH) follikelstimulerend hormoon <sup>▶1</sup> (FSH)  luteïniserend hormoon <sup>▶1</sup> (LH)  prolactine (luteotroop hormoon) <sup>▶1</sup> (LTH)  lipotroop hormoon <sup>▶1</sup> (LPH)	stimulatie groei en stofwisseling – blokkeert glucoseopname – stimuleert gluconeogenese en lipolyse  aanzetten bijnierschors aanzetten schildklier  bij ♀♀: bevordert follikelgroei in ovaria – aanzetten secretie van oestradiol (en oestron) bij ♂♂: bevordert spermatogenese bij ♀♀: aanzetten tot ovulatie, vorming en handhaving corpus luteum (geel lichaam) bij ♂♂: aanzetten secretie van testosteron melksecretie – remming secretie LH en FSH bij overmaat  'moedereiwit' voor opioïden (eigen verdoving) – hormoonrol nog onbekend aanzetten stofwisseling – groei en differentiatie van onder andere centrale zenuwstelsel – remming secretie TSH  als thyroxine daling $\text{Ca}^{2+}$ -gehalte in bloed stijging $\text{Ca}^{2+}$ -gehalte in bloed – resorptie van bot bevordering glucosestofwisseling – omzetting glucose in glycogeen – remming gluconeogenese – bevordering opbouw vetten en eiwitten – verhoging permeabiliteit celmembranen omzetting glycogeen in glucose in lever – stimuleert gluconeogenese en lipolyse
• <i>schildklier</i>	tetraiodothyronine (thyroxine) <sup>▶3</sup> (T4)  trijoodthyronine <sup>▶3</sup> (T3) calcitonine <sup>▶1</sup> (CT)	
• <i>bijschildklier</i> • <i>eilandjes van Langerhans</i> (in pancreas)	parathormoon <sup>▶1</sup> (PTH) insuline <sup>▶1</sup>  glucagon <sup>▶1</sup>	
• <i>gonaden</i>		
ovaria	oestrogene geslachtshormonen, voornamelijk oestradiol <sup>▶2</sup>  progesteron <sup>▶2</sup>	ontwikkeling secundaire geslachtskenmerken en geslachtsorganen, onder andere opbouw baarmoederslijmvlies – regeling secretie van gonadotrope hormonen – beïnvloeding bloed-samenstelling ontwikkeling slijmvlies – remming secretie LH en FSH – verhoging lichaamstemperatuur
testes	androgene geslachtshormonen, voornamelijk testosteron <sup>▶2</sup>	ontwikkeling secundaire geslachtskenmerken en geslachtsorganen, o.a. prostaat – remming secretie LH en FSH

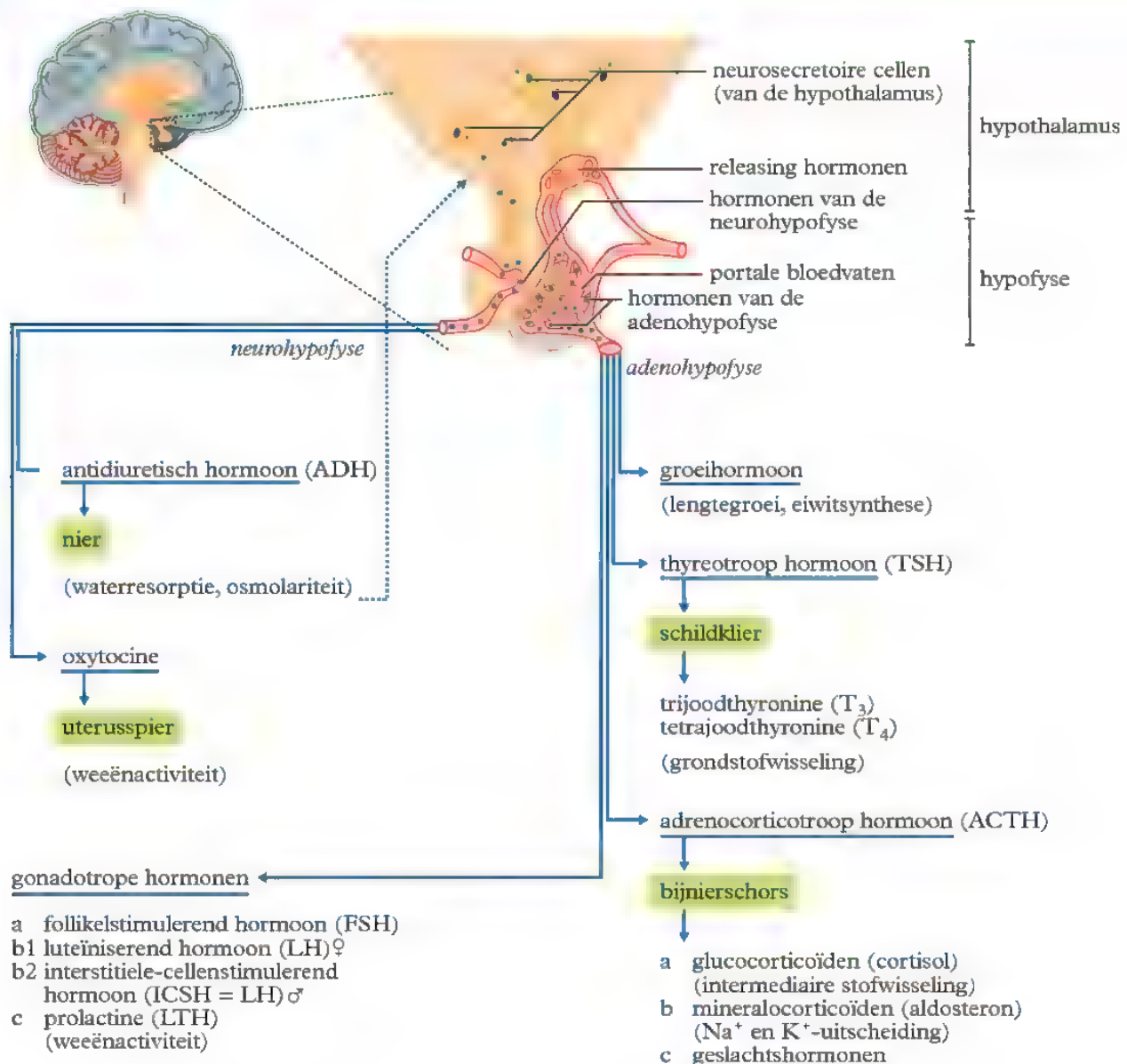
herkomst	naam van het hormoon	voornaamste werking
• placenta	humaan choriongonadotropine <sup>1</sup> (HCG)	werking als van luteïniserend hormoon: voornamelijk handhaving werking corpus luteum stimulatie slijmvlies baarmoederwand – remming secretie LH en FSH
• nieren	diverse steroïdhormonen, onder andere progesteron <sup>2</sup> erythropoëetine <sup>1</sup> (EPO) renine <sup>1</sup>	stimulatie productie rode bloedcellen stimulatie productie aldosteron via angiotensine I & II
• maag	gastrine <sup>1</sup>	stimulatie maagsapproductie – versterking maagmotoriek
• twaalfvingerige darm	secretine <sup>1</sup> cholecystokinine <sup>1</sup>	stimulatie afgifte $\text{HCO}_3^-$ door alvleesklier – remming maagmotoriek stimulatie afgifte enzymen door alvleesklier – regeling motoriek galblaas – remming maagmotoriek
• bijnierschors	hydrocortison (cortisol) <sup>2</sup>  aldosteron <sup>2</sup> diverse, voornamelijk mannelijke, geslachtshormonen <sup>2</sup>	omzetting eiwitten in aminozuren – aanzetten gluconeogenese – remming glucosegebruik – verandering vetverdeling – remming ontstekingen – onderdrukking afweersysteem – remming secretie ACTH retentie water en zouten – uitscheiding $\text{K}^+$ zie testes
• bijniermerg (neurohormonen)	adrenaline/noradrenaline <sup>4</sup>	effecten als van orthosympatisch zenuwstelsel: regeling bloedstroom – verhoging hartslag- frequentie – verhoging bloeddruk – verwijding bronchi – afgifte glucose aan bloed door lever – stimuleert gluconeogenese, glycogenolyse en lipolyse

■ Structuurformules van de hormonen: zie tabel 67K.

- 1 ► peptidehormonen (eiwitten)  
2 ► steroïdhormonen

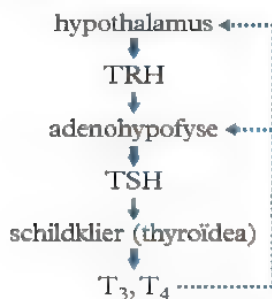
- 3 ► thyroninen  
4 ► catecholaminen } derivaten van tyrosine



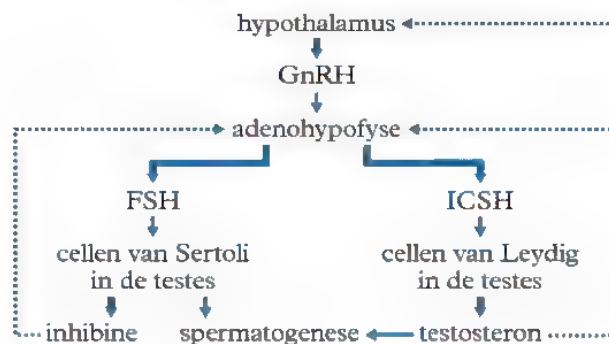


### voorbeelden van terugkoppeling

#### schildklier

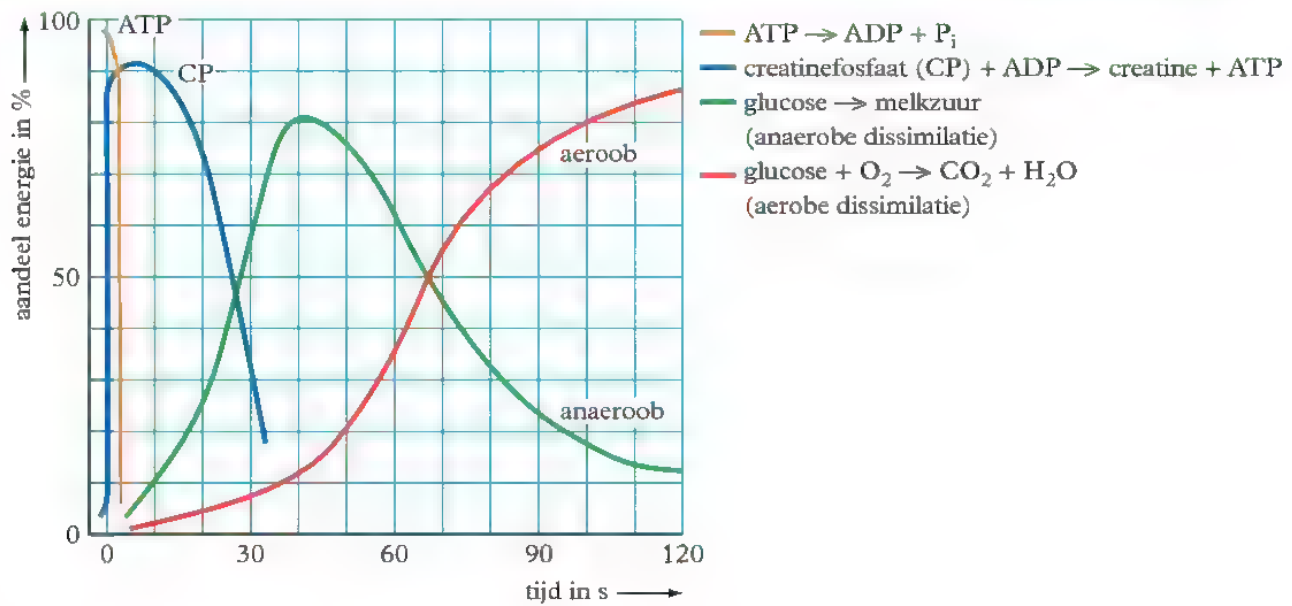


#### testes



—●— maakt    —→ stimuleert    .....→ remt

## Energiebronnen van een spier bij lichte training



■ Dissimilatie: zie tabel 68.

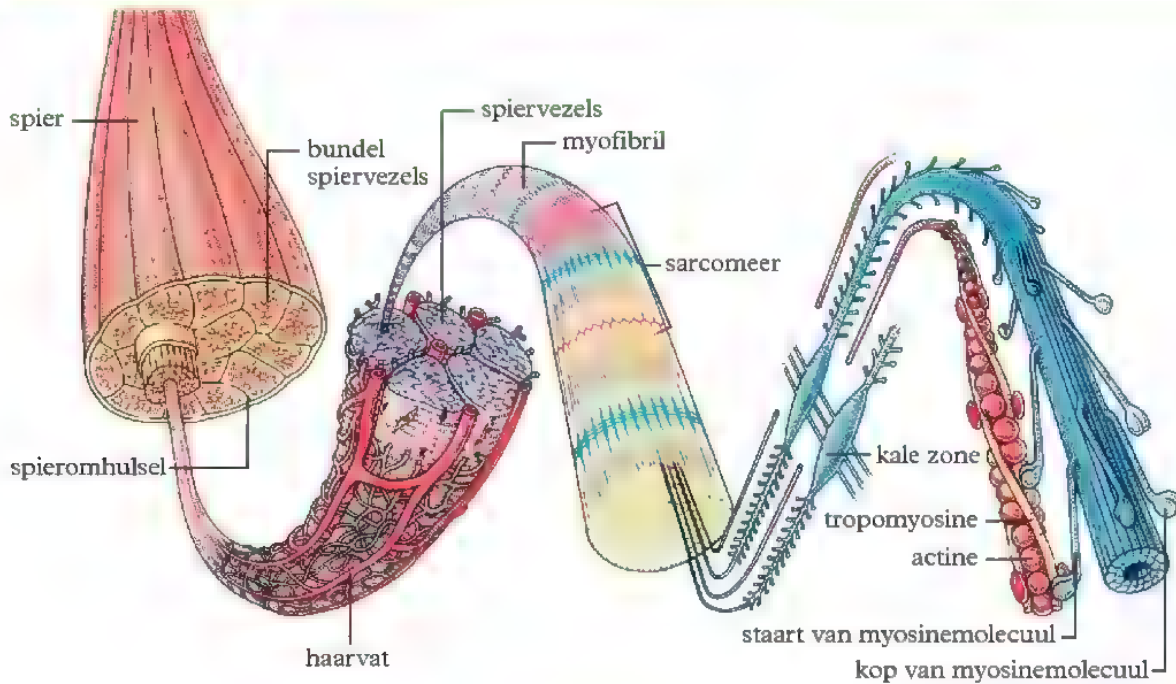
■ Op langere termijn wordt glycogeen omgezet in glucose.

■ De hoeveelheid vetverbranding in dwarsgestreepte spieren is afhankelijk van getraindheid en mate van inspanning.

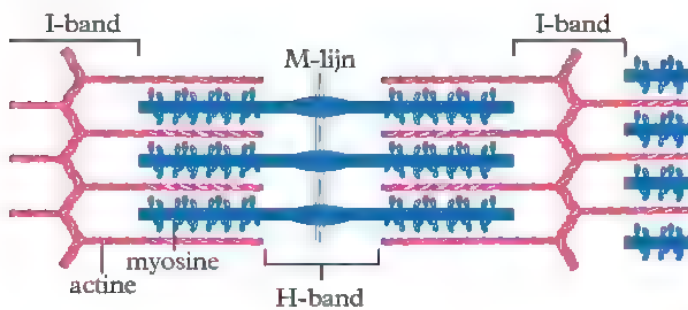
## Langzame en snelle spierv

	<i>langzame spiervezels (type I)</i>	<i>snelle spiervezels (type II)</i>
doorbloeding	sterk	gering
myoglobinegehalte	hoog	laag
energievrijmaking, hoofdzakelijk	vetzuren (aeroob), veel enzymen voor de citroenzuurcyclus	glucose (anaeroob/aeroob), veel enzymen voor melkzuurvorming
aantal mitochondriën	veel	weinig
myosine-ATP-aseactiviteit	laag	hoog
$Ca^{2+}$ -resorberende capaciteit	laag	hoog
hoeveelheid myofibrillen per cel	matige dichtheid	hoge dichtheid
motoreenheden	klein	groot
prikkeldrempel	relatief laag	relatief hoog
innervatie	langzamer geleidende zenuwvezels	snel geleidende zenuwvezels
vermoeibaarheid	nauwelijks	snel
functie voor het lichaam	houding	bewegingen
voorraad glycogeen	veel	weinig

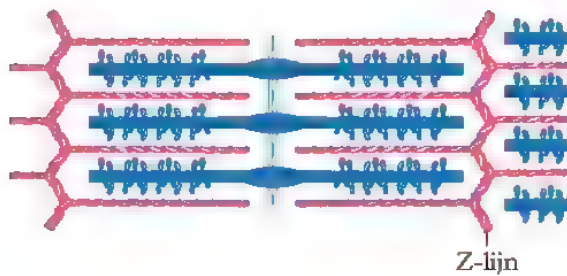




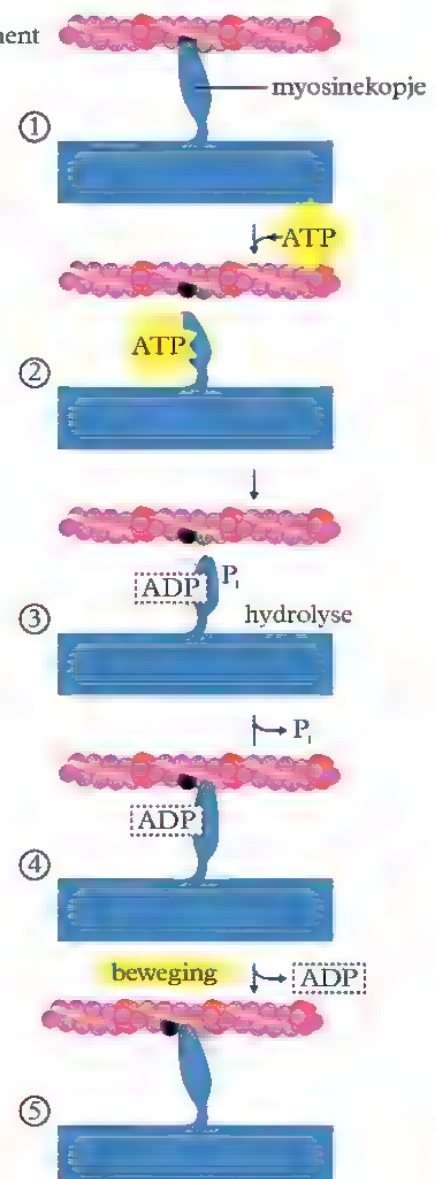
## ontspannen



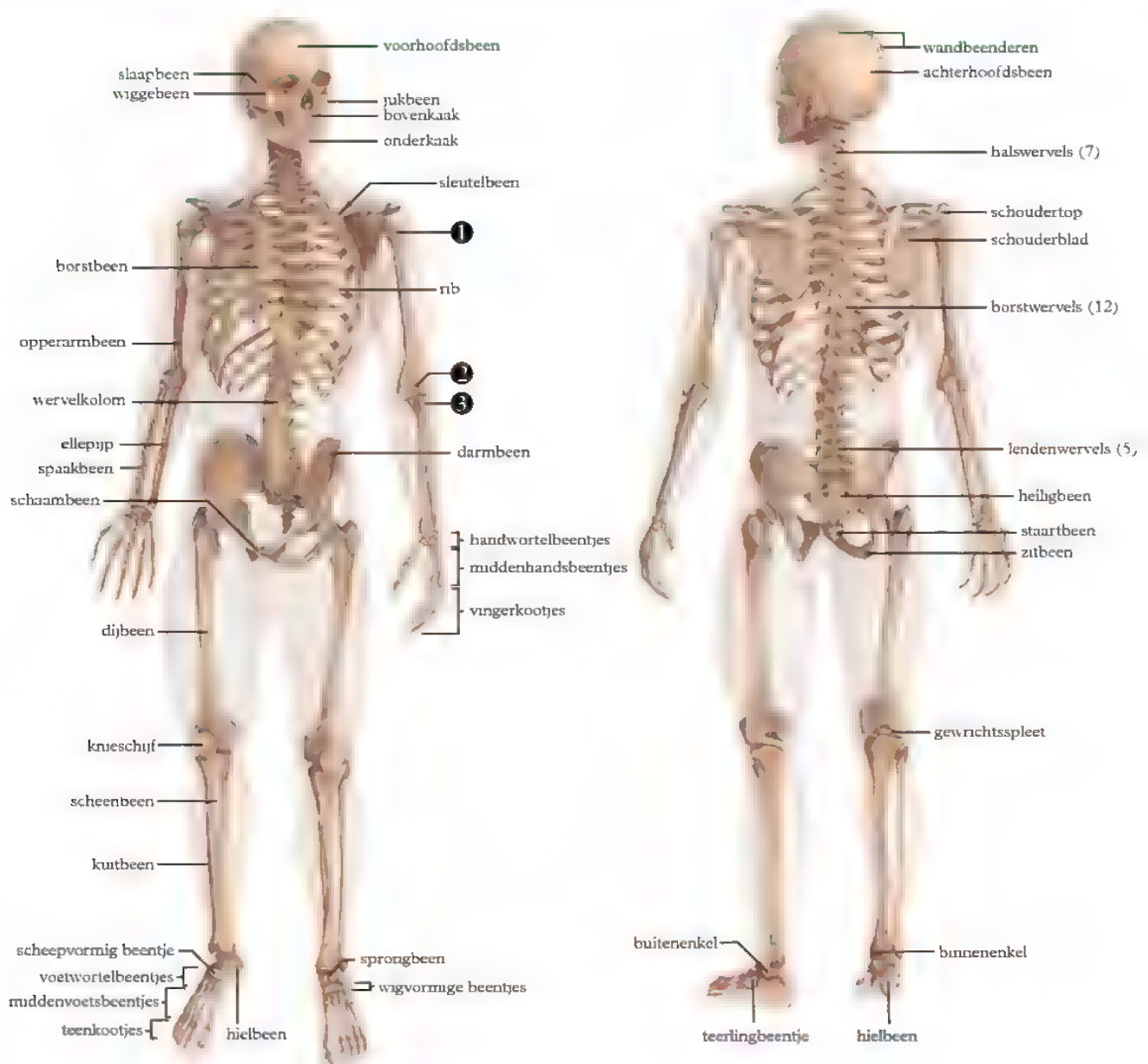
## samentrekkend



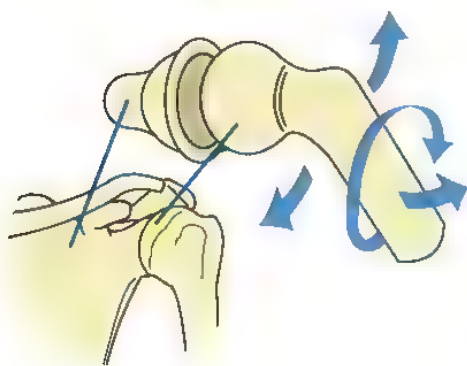
## actinefilament



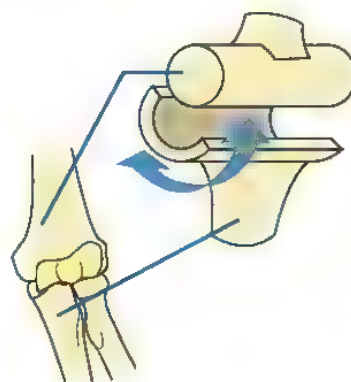




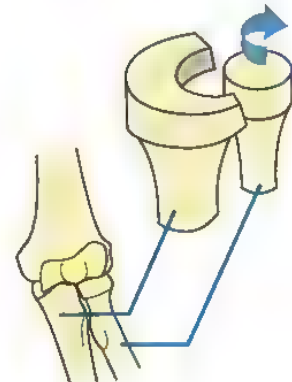
① kogelgewricht



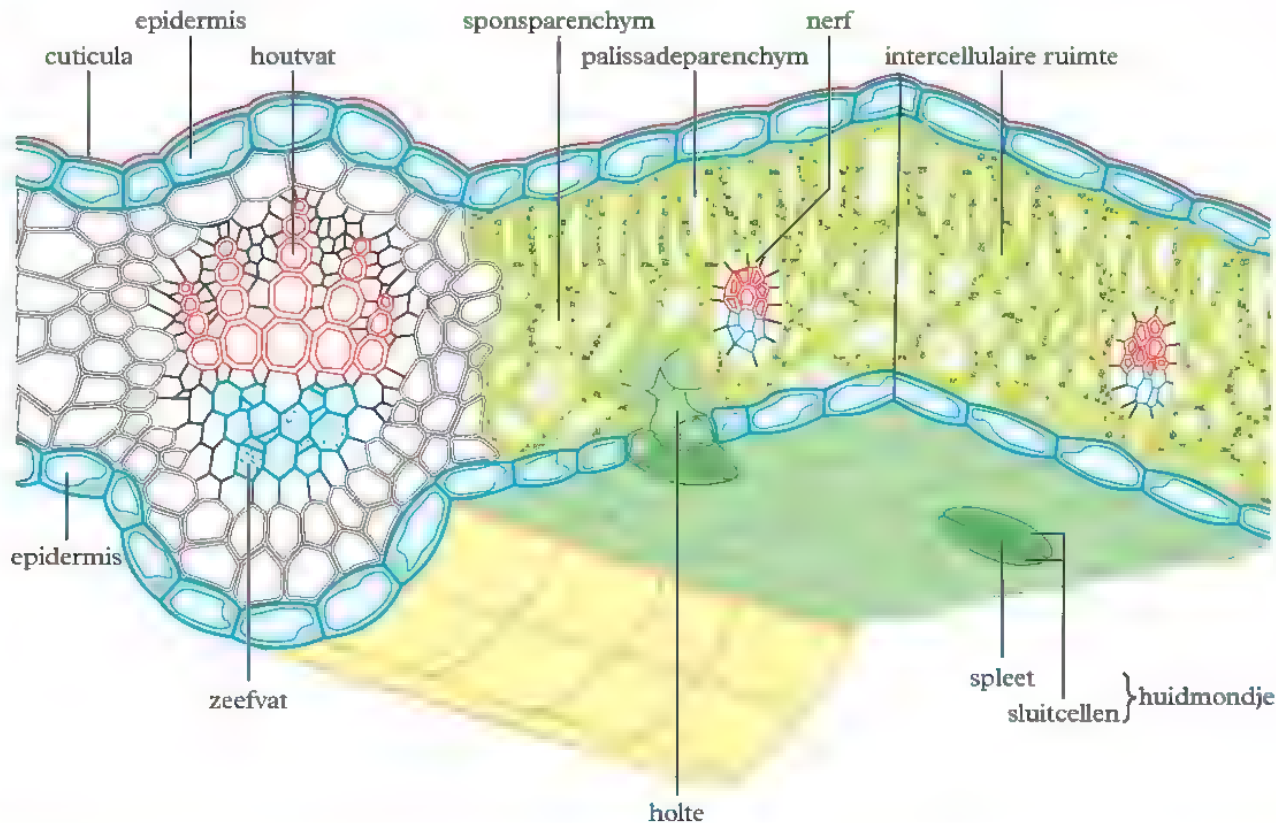
② scharniergewricht



③ rolgewricht

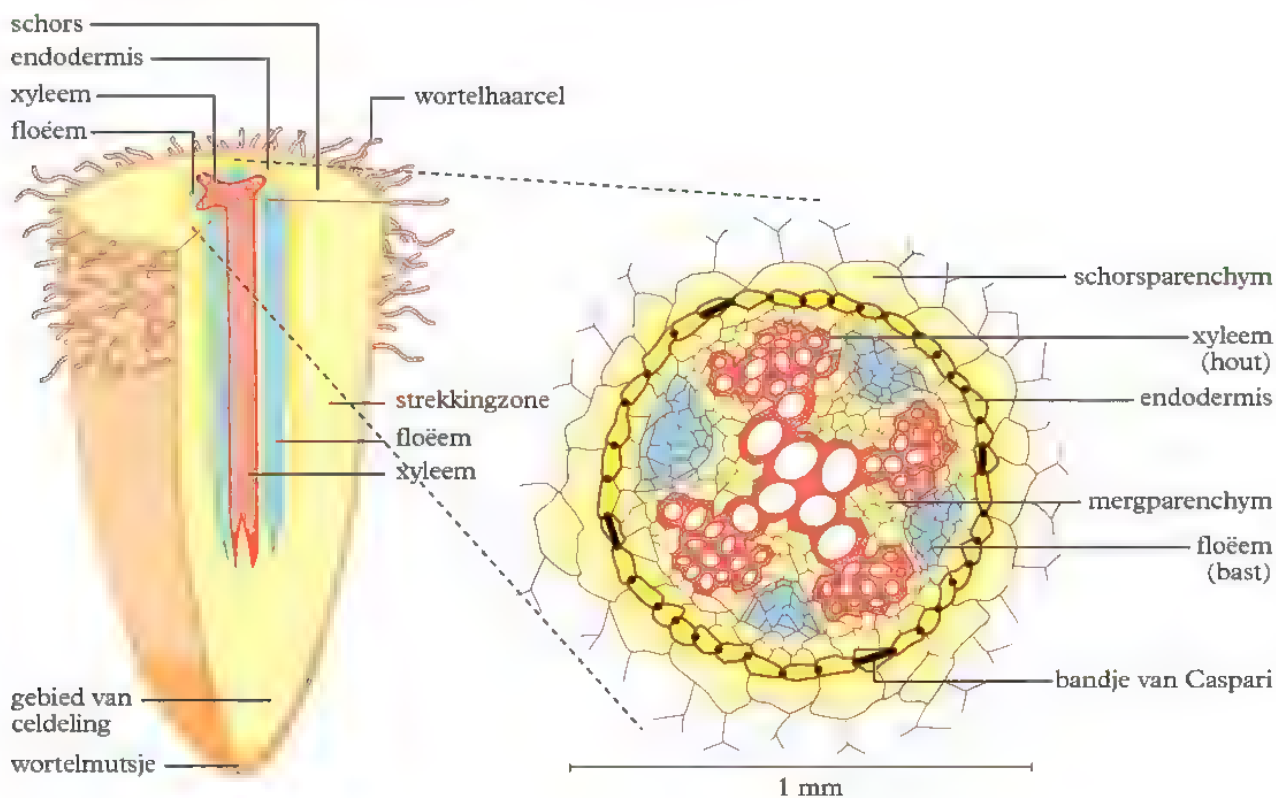


### stereogram bladdoorsnede



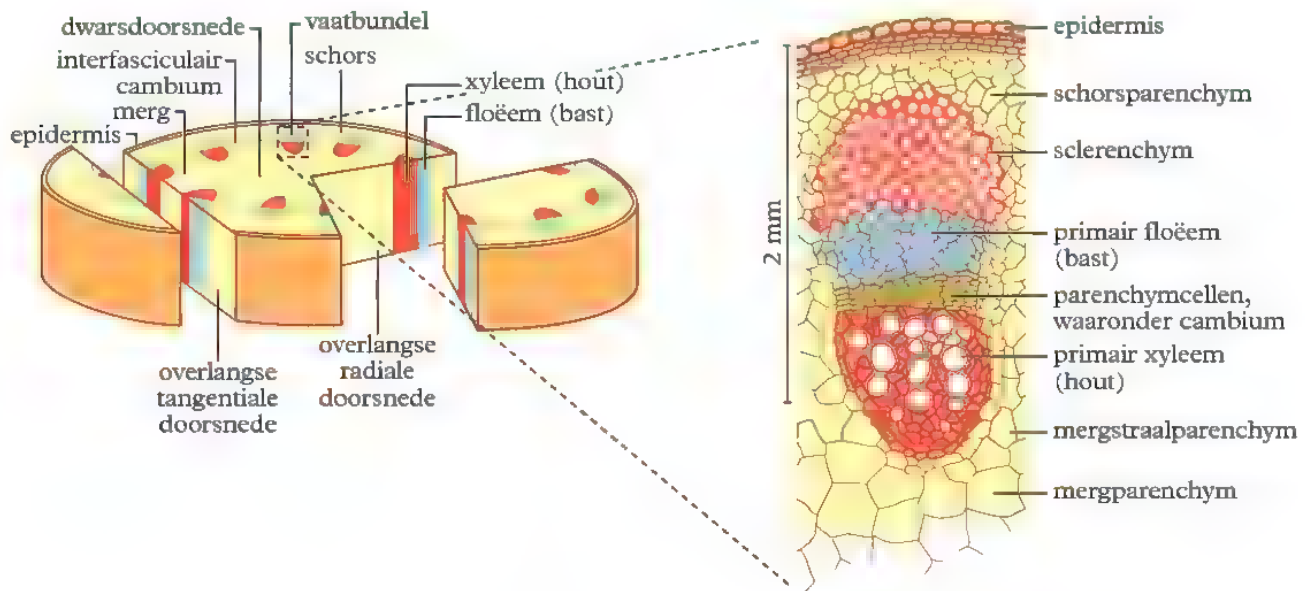
### ruimtelijk schema van een wortel (in de lengte ingekort)

### centrale cilinder, detail



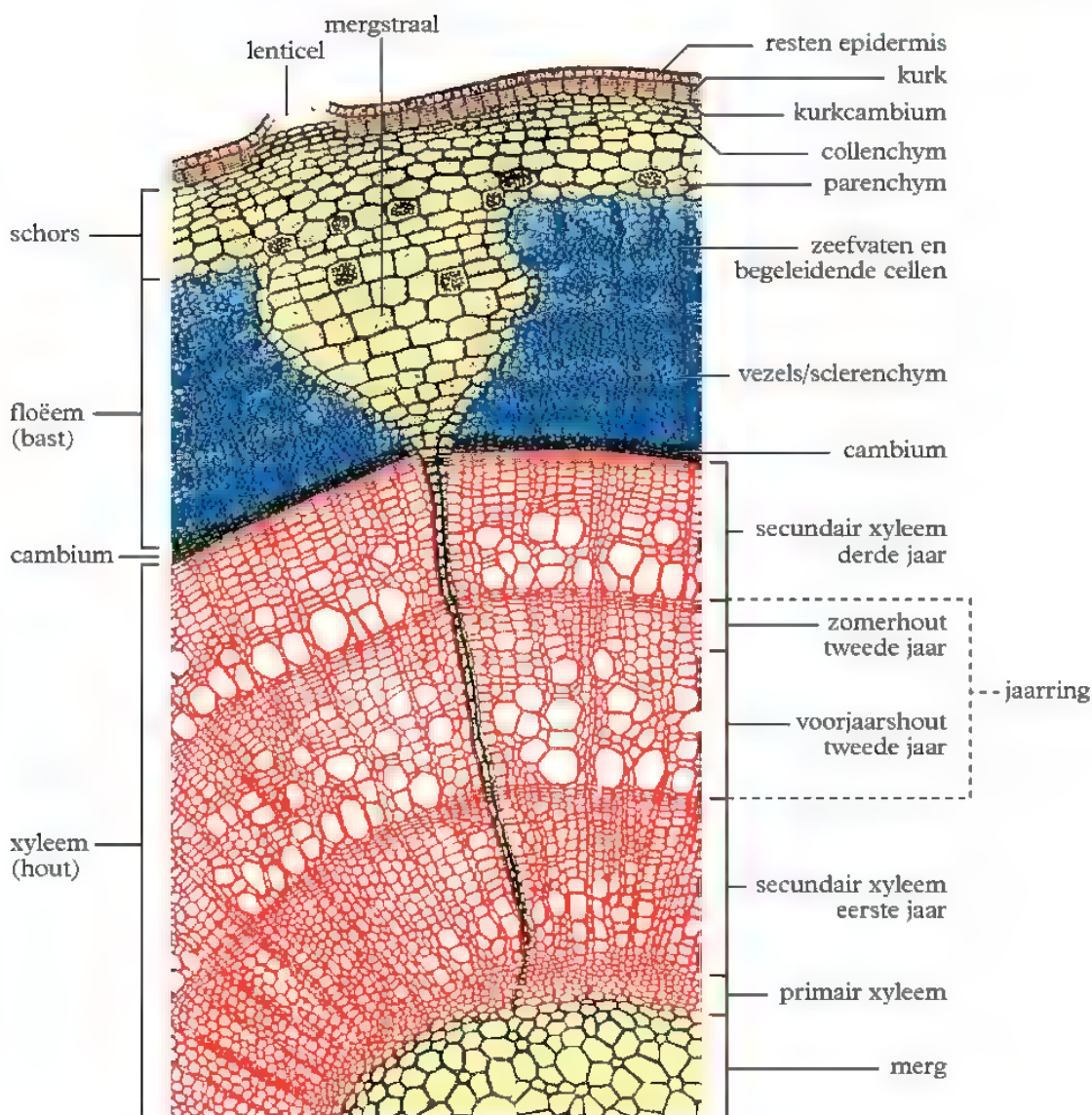
Ruimtelijk schema van een stengel met detail van een vaatbundel, dwarsdoorsnede

1



Dwarsdoorsnede driejarige lindetak

2





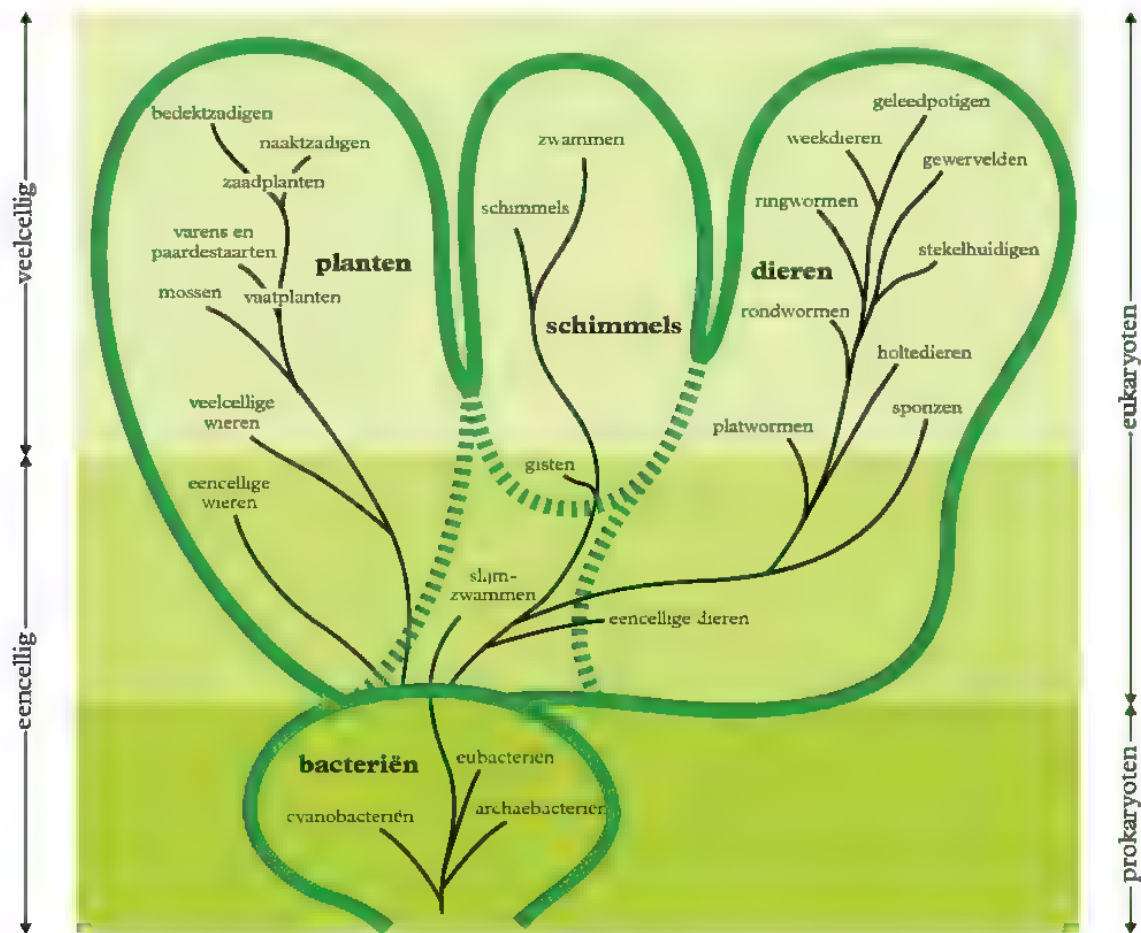
## Macronutriënten

<i>element</i>	<i>opgenomen als</i>	<i>functies</i>
koolstof (C)	koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ )	belangrijk bestanddeel van organische verbindingen in planten
waterstof (H)	water ( $\text{H}_2\text{O}$ )	belangrijk bestanddeel van organische verbindingen in planten
zuurstof (O)	koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ )	belangrijk bestanddeel van organische verbindingen in planten
stikstof (N)	nitraat ( $\text{NO}_3^-$ )	bestanddeel van aminozuren, eiwitten, nucleotiden,
	ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	nucleïnezuren, chlorofyl – actieve groep in co-enzymen
zwavel (S)	sulfaat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	bestanddeel van cysteïne, methionine, eiwitten, co-enzymen, vitaminen – actieve groep in enzymen en co-enzymen
fosfor (P)	diwaterstoffosfaat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )	bestanddeel van nucleotiden, nucleïnezuren, fosfolipiden en
	monowaterstoffosfaat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ )	co-enzymen – energietransport, membraanstructuur
kalium (K)	kalium ( $\text{K}^+$ )	cofactor in eiwitsynthese – waterbalans en werking van huidmondjes – fotosynthese – vervoer van koolhydraten
calcium (Ca)	calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	activeren van enzymen – bestanddeel van celwanden – instandhouden van structuur en permeabiliteit van membranen – regelen van reacties van de cel op prikkels
magnesium (Mg)	magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	bestanddeel van chlorofyl – activeren van enzymen

## Micronutriënten

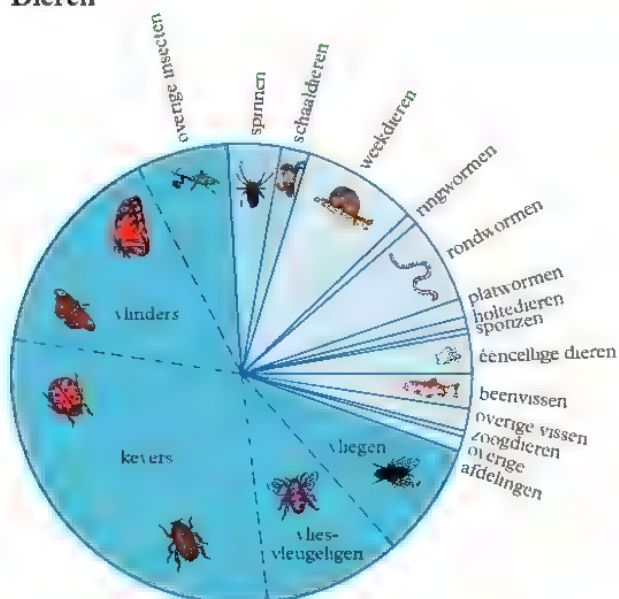
<i>element</i>	<i>opgenomen als</i>	<i>functies</i>
ijzer (Fe)	ijzer(II) ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ijzer(III) ( $\text{Fe}^{3+}$ )	synthese van chlorofyl – actieve groep in enzymen en elektronendragers (cytochromen)
chloor (Cl)	chloride ( $\text{Cl}^-$ )	fotosynthese – waterbalans
boor (B)	diwaterstofboraat ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ )	cofactor bij synthese van chlorofyl – koolhydraattransport – celdeling bij tweezaadlobbigen
mangaan (Mn)	mangaan(II) ( $\text{Mn}^{2+}$ )	cofactor van veel enzymen – bij ontleding van water bij de fotosynthese – vorming van aminozuren – verbranding
zink (Zn)	zink ( $\text{Zn}^{2+}$ )	activeren van enzymen – synthese van auxine, chlorofyl en eiwitten
koper (Cu)	koper ( $\text{Cu}^{2+}$ )	plastocyanine, werkzaam in de fotosynthese – enzymen voor redoxreacties
molybdeen (Mo)	molybdaat ( $\text{MoO}_4^{2-}$ )	stikstoffixatie – cofactor bij nitraatreductie
nikkel (Ni)	nikkel ( $\text{Ni}^{2+}$ )	cofactor van een enzym van de stikstofstofwisseling
kobalt (Co)	kobalt(II) ( $\text{Co}^{2+}$ )	belangrijk voor stikstofbindende planten (vlinderbloemigen), doordat het essentieel is voor de bacteriën van de wortelknolletjes ( <i>Rhizobium</i> )

■ Als planten bedoeld zijn als veevoer voegt men aan kunstmest jood (I), seleen (Se) en kobalt (Co) toe. Deze elementen hebben een functie voor het vee, niet voor de plant zelf.



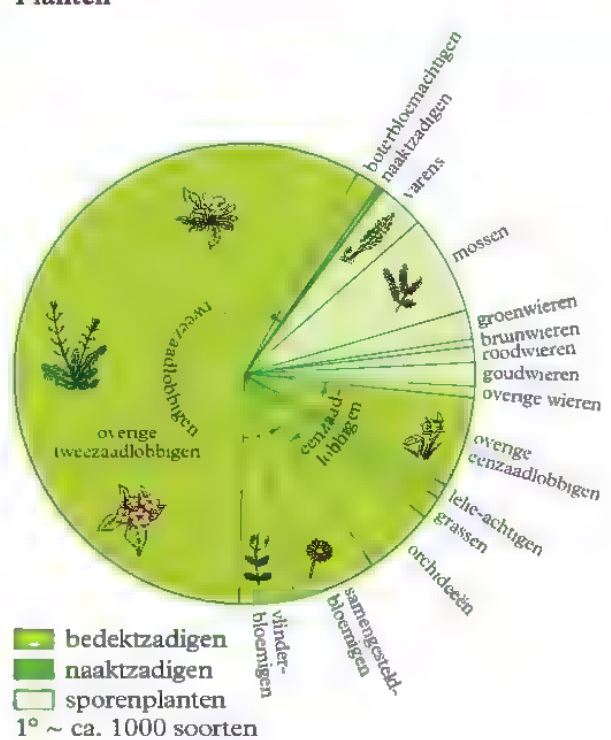
■ De vier rijken: zie tabel 78.

## Dieren



insecten  
overige geleedpotigen  
1° ~ ca. 4000 soorten

## Planten

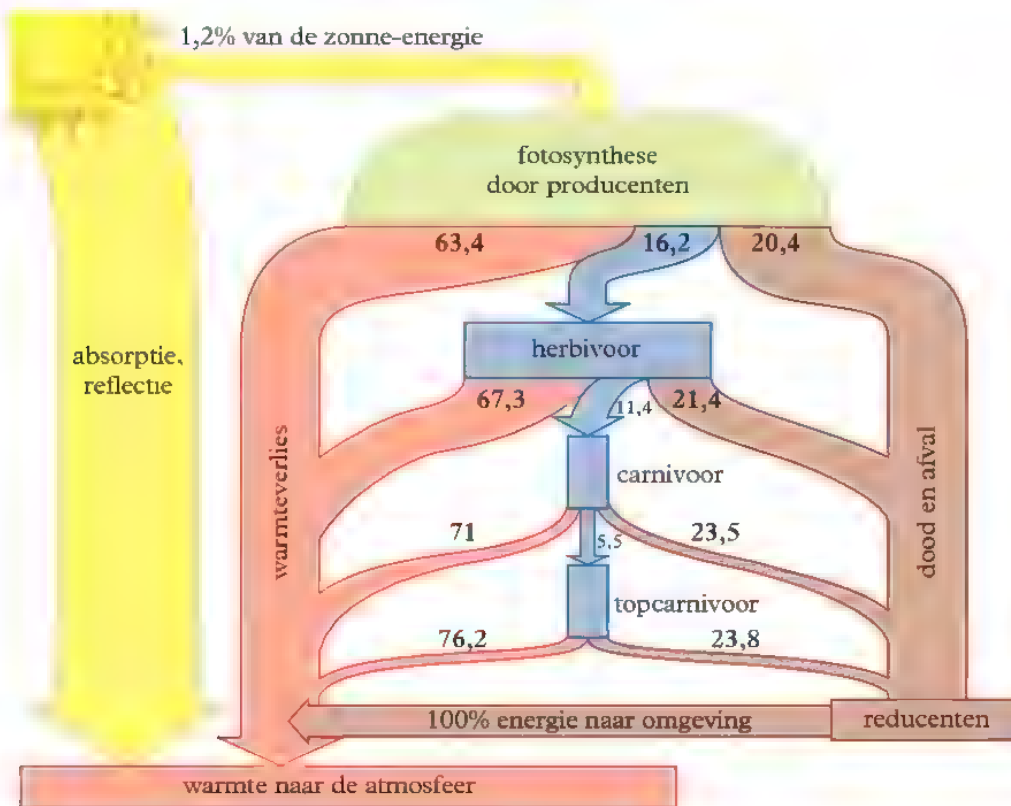
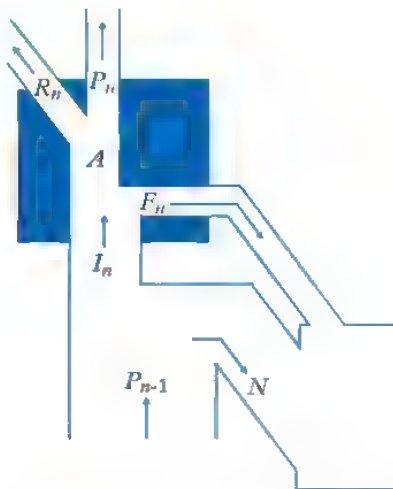


bedektzadigen  
naaktzadigen  
sporenplanten  
1° ~ ca. 1000 soorten





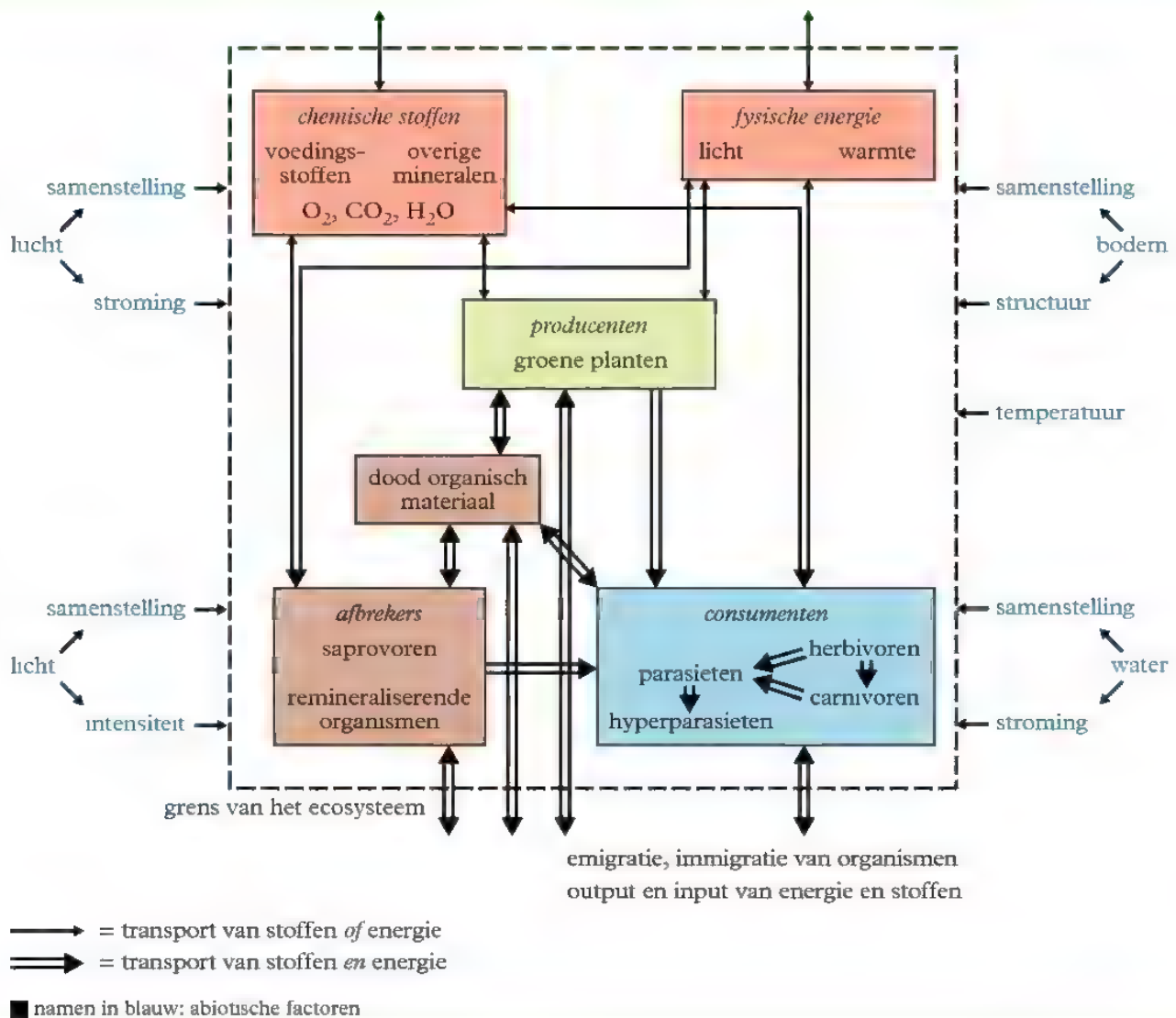
## 1 Energiestroom door een ecosysteem in %

2 Energiestroom op trofisch niveau  $n$ 

- $P_{n-1}$  = productiviteit op trofisch niveau  $n-1$
- $P_n$  = productiviteit op trofisch niveau  $n$
- $F_n$  = energieverlies door uitwerpselen op trofisch niveau  $n$
- $I_n$  = energieopname in de vorm van organische stoffen op trofisch niveau  $n$
- $N$  = niet opgegeten deel van de productie
- $R_n$  = energieverlies door dissimilatie op trofisch niveau  $n$
- $A$  = hoeveelheid energie in organische stof die via het spijsverteringskanaal wordt geresorbeerd en in het bloed opgenomen

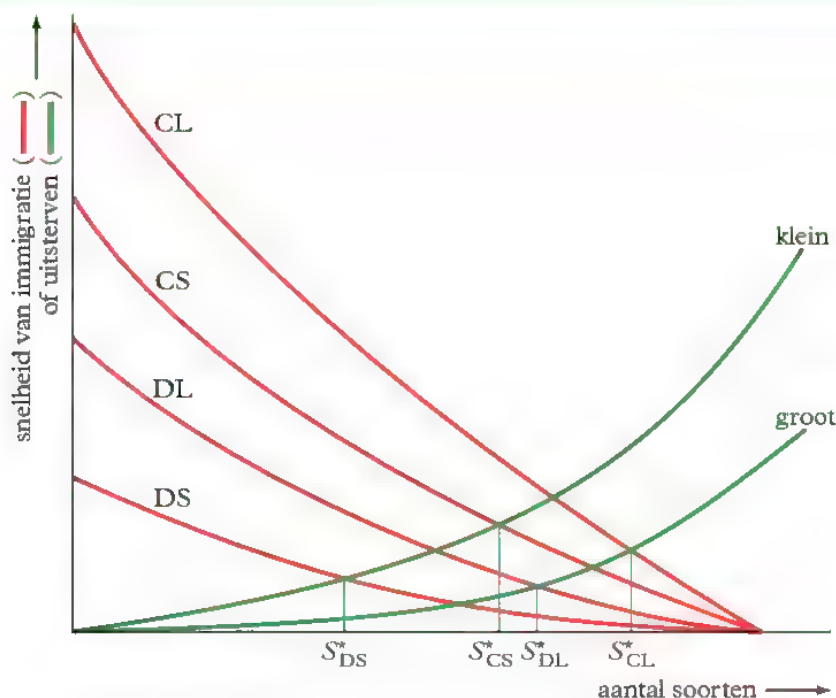
■ Energiestroom door trofische niveaus: assimilatie-efficiëntie ( $A/I$ ) en productiviteitsefficiëntie ( $P/A$ ) van een graslandmodel.

		$A/I_n$ in %	$P_n/A$ in %
ongewervelden	herbivoor	40	40
	carnivoor	80	30
	microbivoor	30	40
	detrivoor	20	40
gewervelden (ectotherm)	herbivoor	50	10
	carnivoor	80	10
gewervelden (endotherm)	herbivoor	50	2
	carnivoor	80	2



## Eilandtheorie van MacArthur en Wilson

C



$S^*$  = evenwichtstoestand  
 D = ver van vaste land  
 C = dichtbij vaste land  
 S = klein eiland  
 L = groot eiland

## Groeifuncties

- onbegrensde groei

J-curve

$$N(t) = N(0)e^{rt}$$

$N(t)$  = populatiegrootte (aantal)  
op tijdstip  $t$

$r$  = groeifactor

- begrensde groei

S-curve: onbegrensde groei  
gaat over in begrensde groei

differentiaalvergelijking

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(\frac{K-N}{K}\right)$$

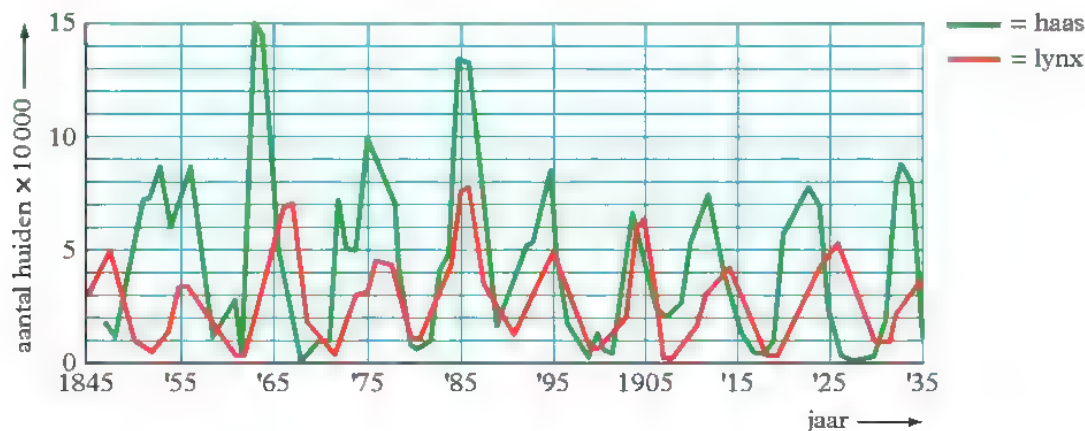
$K$  = verzadigingspopulatie

$a$  = integratieconstante die de  
positie van de curve t.o.v. de  
oorsprong definieert

populatiegrootte

$$N(t) = \frac{K}{1 + e^{a-rt}}$$

## Predator-prooirelaties, empirisch onderzoek



■ Populatieschommelingen van de Sneeuwschoenhaas en de Canadese Lynx. Het aantal berust op de door de Hudson Bay Company verhandelde huiden.

## Verdeling van allelen van een gen in een populatie

Wet van Hardy-Weinberg

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$p$  = frequentie van allel A

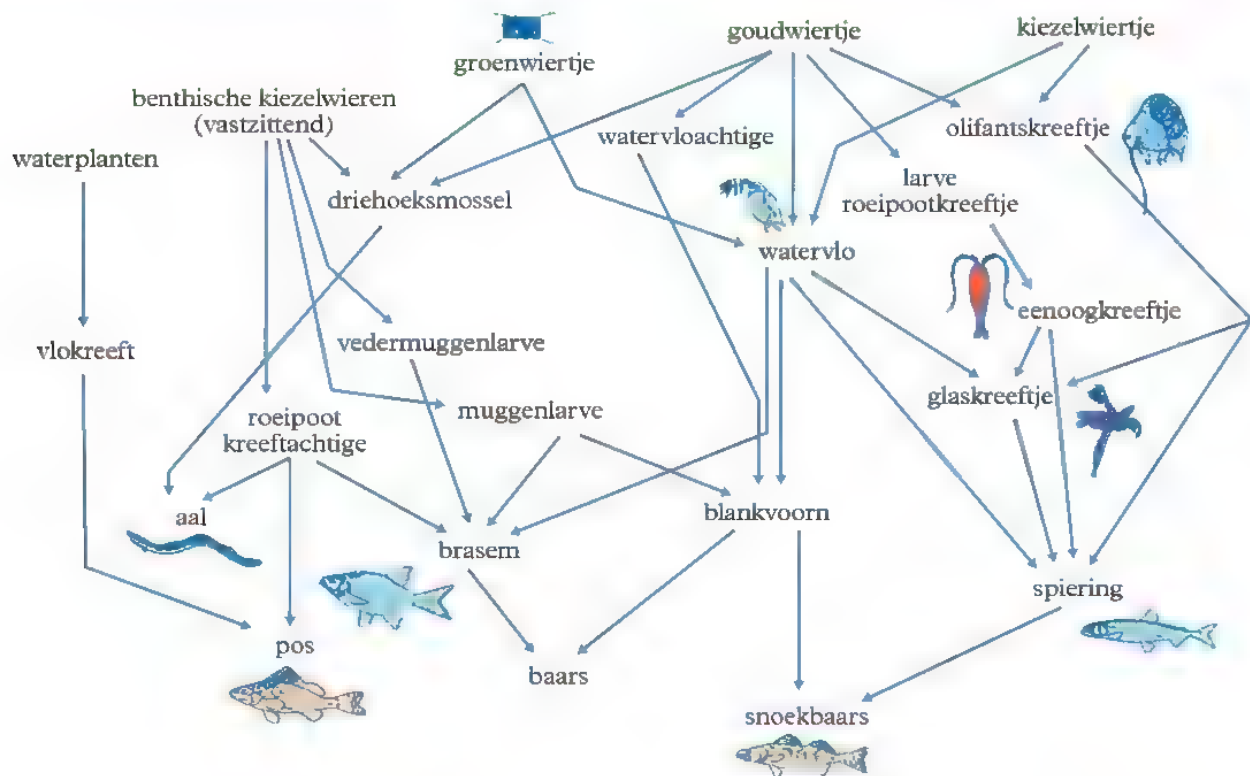
$q$  = frequentie van allel a

$$p + q = 1$$

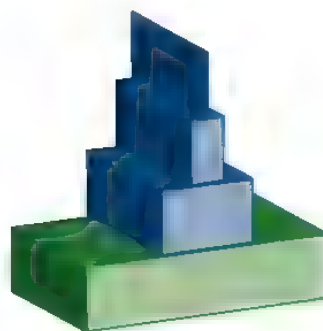
$p^2$  = kans op genotype AA

$2pq$  = kans op genotype Aa

$q^2$  = kans op genotype aa

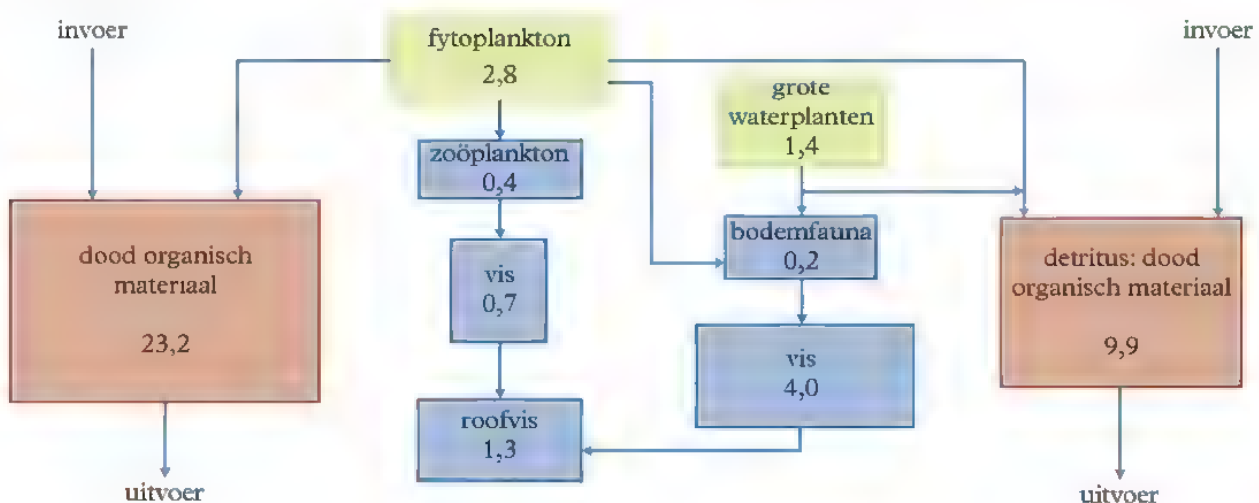


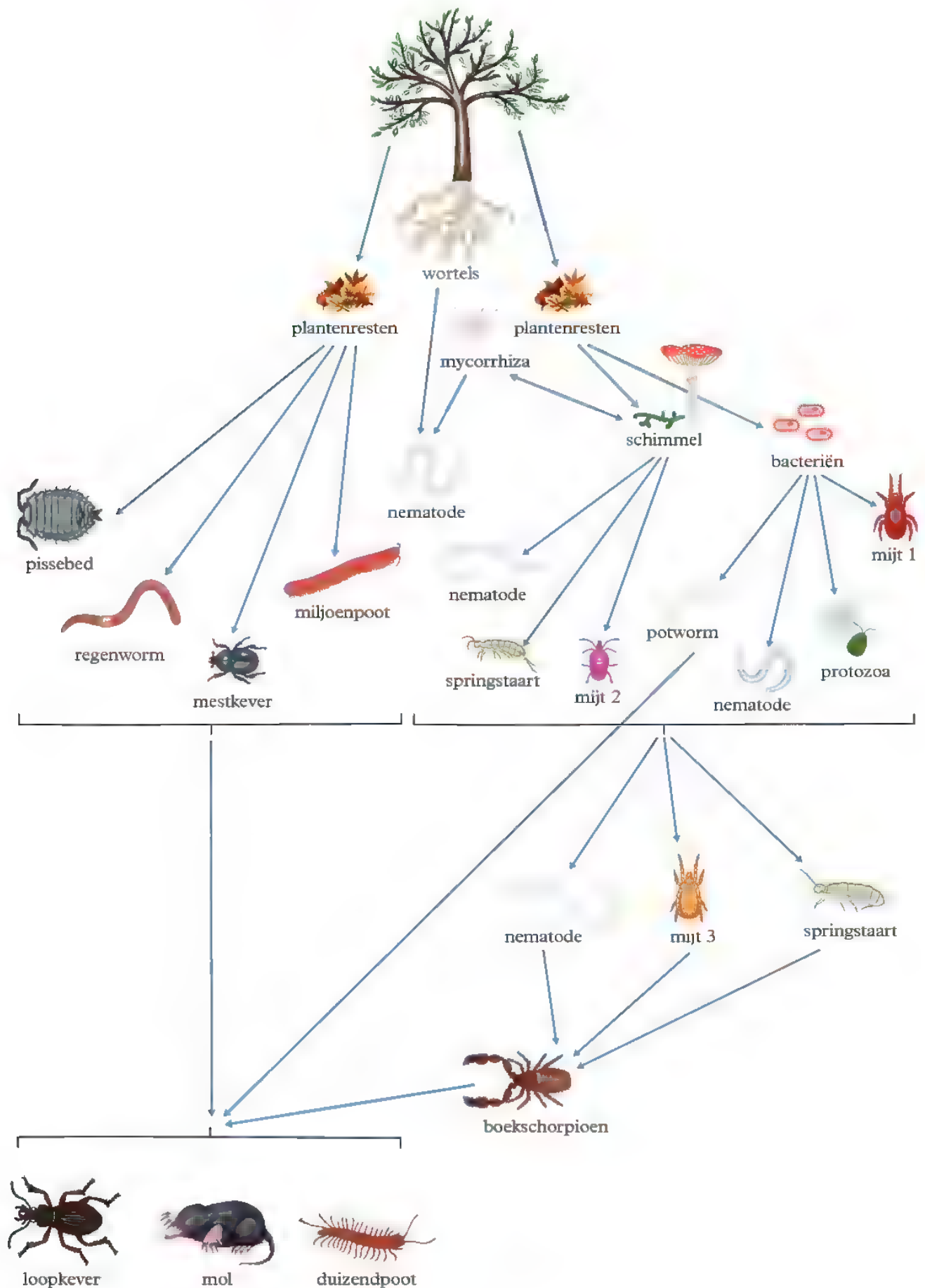
biomassa in  $\text{gm}^{-2}\text{y}^{-1}$



- 1 roofvis
- 10 vis
- 50 zoöplankton (dierlijk plankton)
- 840 fytoplankton (plantaardig plankton)

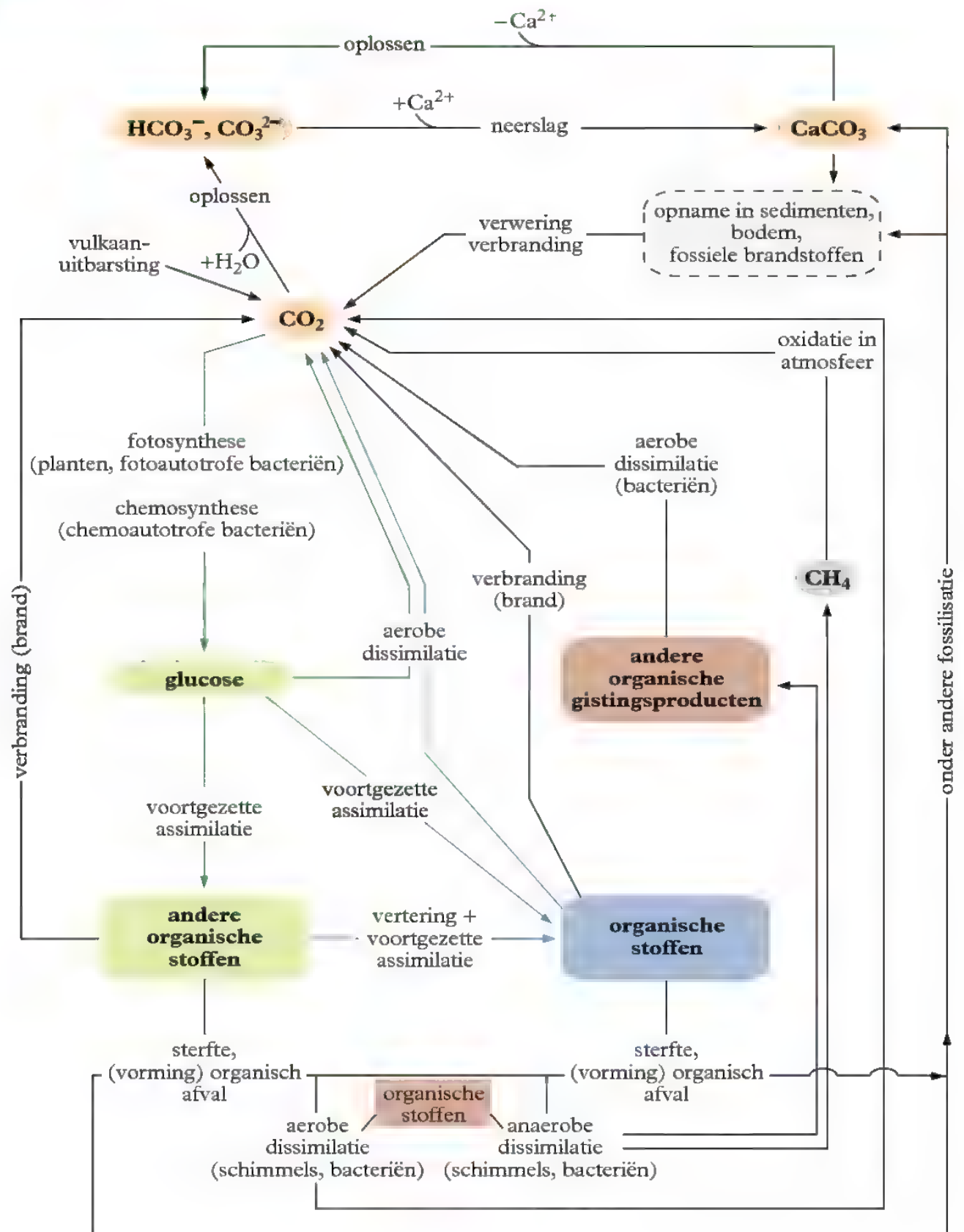
biomassa in  $\text{gm}^{-2}$

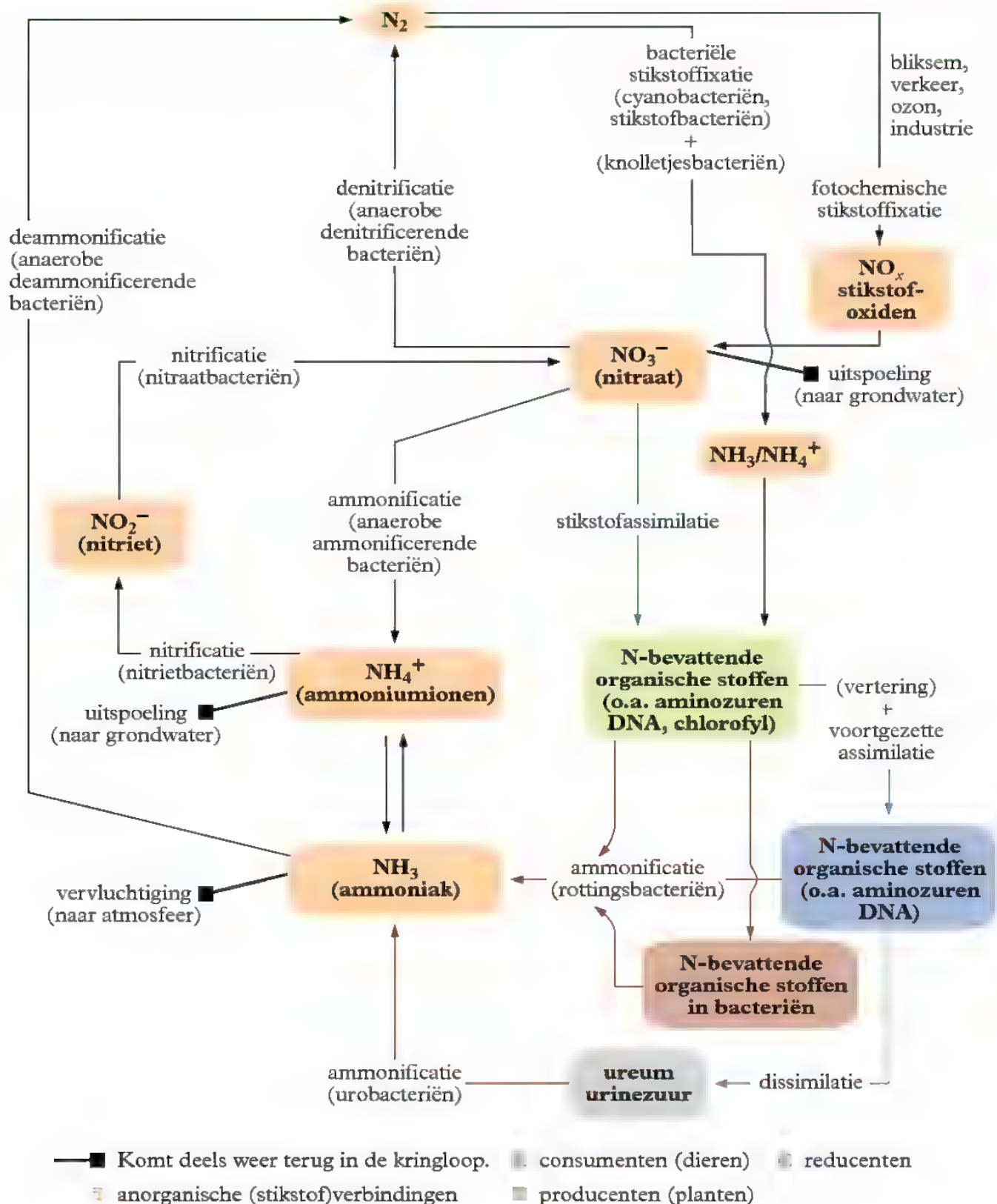






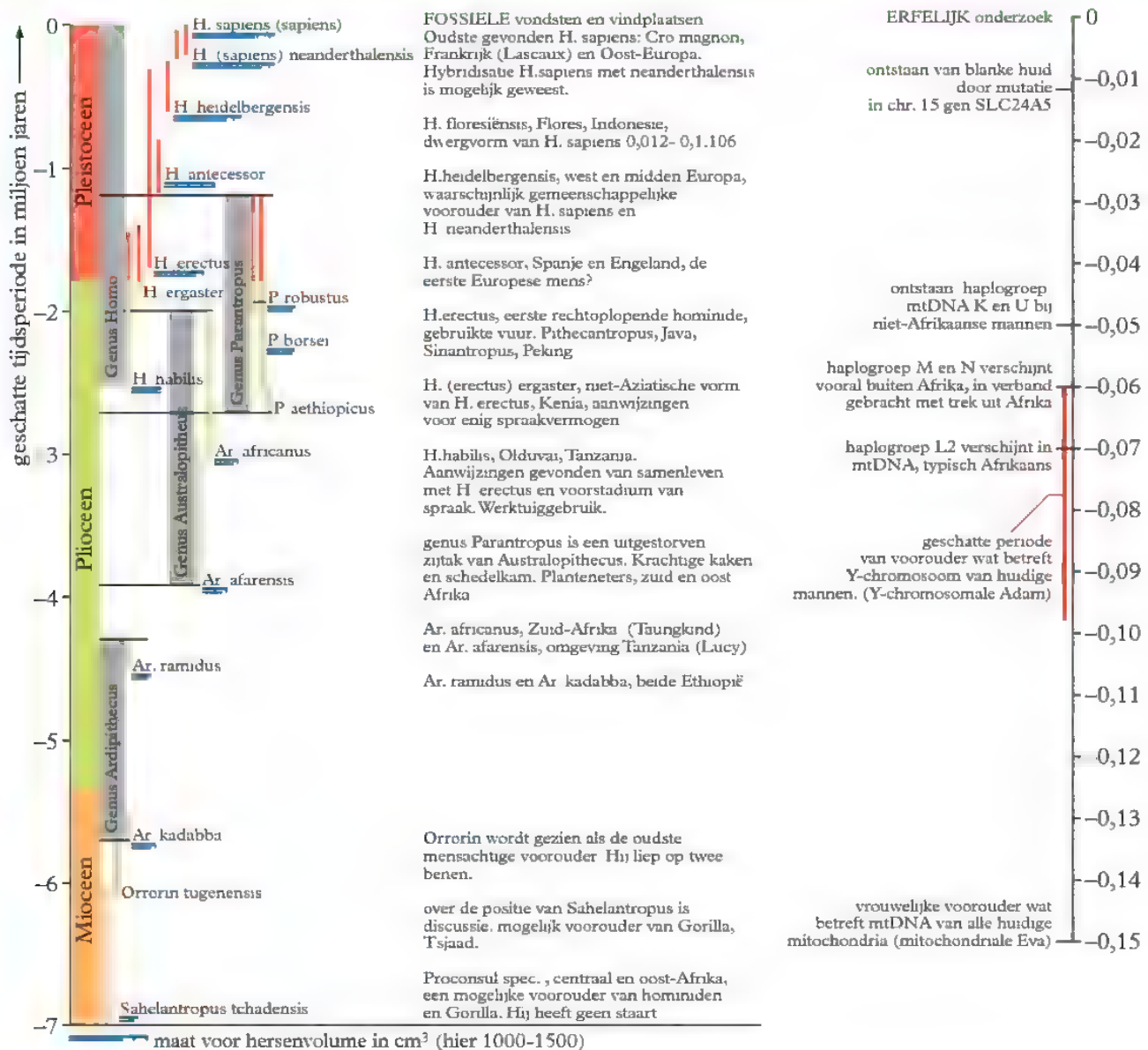
<i>groep/soort</i>	<i>grootte in mm</i>	<i>kenmerken</i>
mycorrhiza	kunnen mycelium vormen van vele m <sup>3</sup>	symbiotische schimmels in het wortelstelsel van veel planten
schimmels	variabel	vele soorten, deels met mycelium dat heel uitgebreid kan zijn
bacteriën	microscopisch klein	heel veel soorten
nematoden / aaltjes	1 - 5 mm	komen in bovenste bodemlaag van ± 20 cm massaal voor
mijt 1, 2, 3	0,2 - 4 mm	heel veel soorten
protozoa	microscopisch klein	heel veel soorten
potworm	2 - 40 mm	kleur wit-witgeel – leven in grote aantallen in bovenste 10 cm van de bodem, mits grond gezond en vochtig is
springstaart	≤ 5 mm	tot 2 m diep in de grond
miljoenpoot	7 - 20 mm	veel soorten - in Nederlandse bossen is de meest bekende de oproller (7 mm) – sommige soorten zijn 2 - 3 mm – voedsel is meestal boomschors en rottend plantmateriaal
mestkever	≤ 25 mm	leeft deels bovengronds – legt eieren ondergronds, waarin ook de larven en de poppen leven – volwassen kever leeft tot het voorjaar ondergronds
regenworm	≤ 300 mm	nuttig door graafwerk, vooral in de bovenste 30 cm
pissebed	± 20 mm	leeft veel bovengronds, maar is ook in de bovenste bodemlaag actief – eet vooral plantenresten, soms ook plantenwortels
boekschorpioen	2 - 8 mm	vaak onder dood hout – 23 soorten in Nederland
loopkever	0,5 - 100 mm	de meeste soorten zijn kleiner dan 20 mm – eitjes worden vaak in de grond gelegd – larven en poppen leven ook vaak ondergronds
duizendpoot	≤ 265 mm	één paar poten per segment – leeft vooral van dierlijk voedsel
mol	110 - 160 mm	nuttige graver die alles eet wat hij in zijn gangen (5 cm breed en tot 200 meter lang, tot 120 cm diep ) tegenkomt – geen ondergrondse vijanden



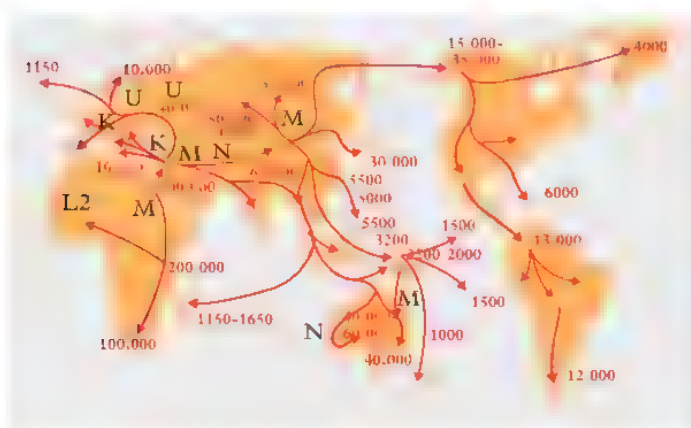


■ Bij knolletjesbacteriën komt een deel van de  $NH_3$  ten goede aan de gastheerplant.

hoofd- tijdperk (era)	periode (systeem)	tijdvak (serie)	geschatte ouderdom in 10 <sup>6</sup> jaar	opmerkingen	kenmerkend leven
Kenozoïcum	Kwartair	Holoceen			Cro-Magnonmens – paalwoningen – vele grotschilderingen
		Pleistoceen		ijstijden	Heidelbergmens – Neandertaler – Java- mens – Pekingmens – Homo habilis
		Pliocene	2		verdere ontwikkeling van de zoogdieren
	Tertiair	Mioceen		Alpiene plooing	differentiatie mens/apen
		Oligoceen			ontstaan van grote grasvlakten – ontwikke- ling van herbivoren en van carnivoren
		Eoceen			verdere ontwikkeling van zoogdieren o.a. van primaten
		Eoceen			sterke ontwikkeling van voorlopers recente zoogdieren
	Krijt	Paleoceen	65	Vroeg-Alpiene plooing	voortbestaan mesozoïsche zoogdierfauna
		Boven-Krijt			hoogtepunt in ontwikkeling van reptielen, gevolgd door uitsterven van reuzenreptielen – uitsterven van ammonieten
		Onder-Krijt			eerste vogels – buideldieren – insectivoren en bedektzadigen
Mesozoïcum	Jura	Malm	136		eerste oervogel: Archeopteryx – bloeiperiode ammonieten, dinosauriërs en andere reptielen
		Dogger			
		Lias	190		
	Trias	Keuper			vele reptielen
		Muschelkalk			eerste schildpadden
		Buntsandstein	252		eerste zoogdieren
		Zechstein			ontstaan van grote delen nieuw land – verandering van klimaat
	Perm	Rotliegendes			laatste trilobieten en pantservissen
		Boven-Carboon	280	Hercynische plooing	crinoiden bijna uitgestorven – uitbreiding van reptielenfauna
Paleozoïcum	Carboon	Onder- Carboon			klimaat warm en vochtig, waardoor enorme plantengroei, ontstaan van steenkoollagen in N.W.-Europa – eerste zaadplanten en reptielen – ontwikkeling van insecten
			345		sterke uitbreiding van crinoiden, koralen en brachyopoden – verdere ontwikkeling van haaien en amfibieën
	Devon				eerste amfibieën – ontstaan van been- en kraakbeenvissen – eerste ammonieten – grote uitbreiding van landplanten
			395		eerste landplanten –
	Siluur				talrijke kaakloze vissen
			430	Caledonische plooing	laatste graptolieten
	Ordo- viciem				verdere ontwikkeling trilobieten – opkomst graptolieten en nautilus- achtigen – eerste vissen
			500		vrijwel alle groepen evertrebraten
	Cambrium				vertegenwoordigd – overheersen van trilobieten
		Cryptozoïcum	570		
Pre Cambrium			650	vele plooingen +	oudst bekende evertrebraten – holtedieren en wormen
			3500	ijstijden	oudst bekende fossielen: bacteriën
			4800		vorming aarde



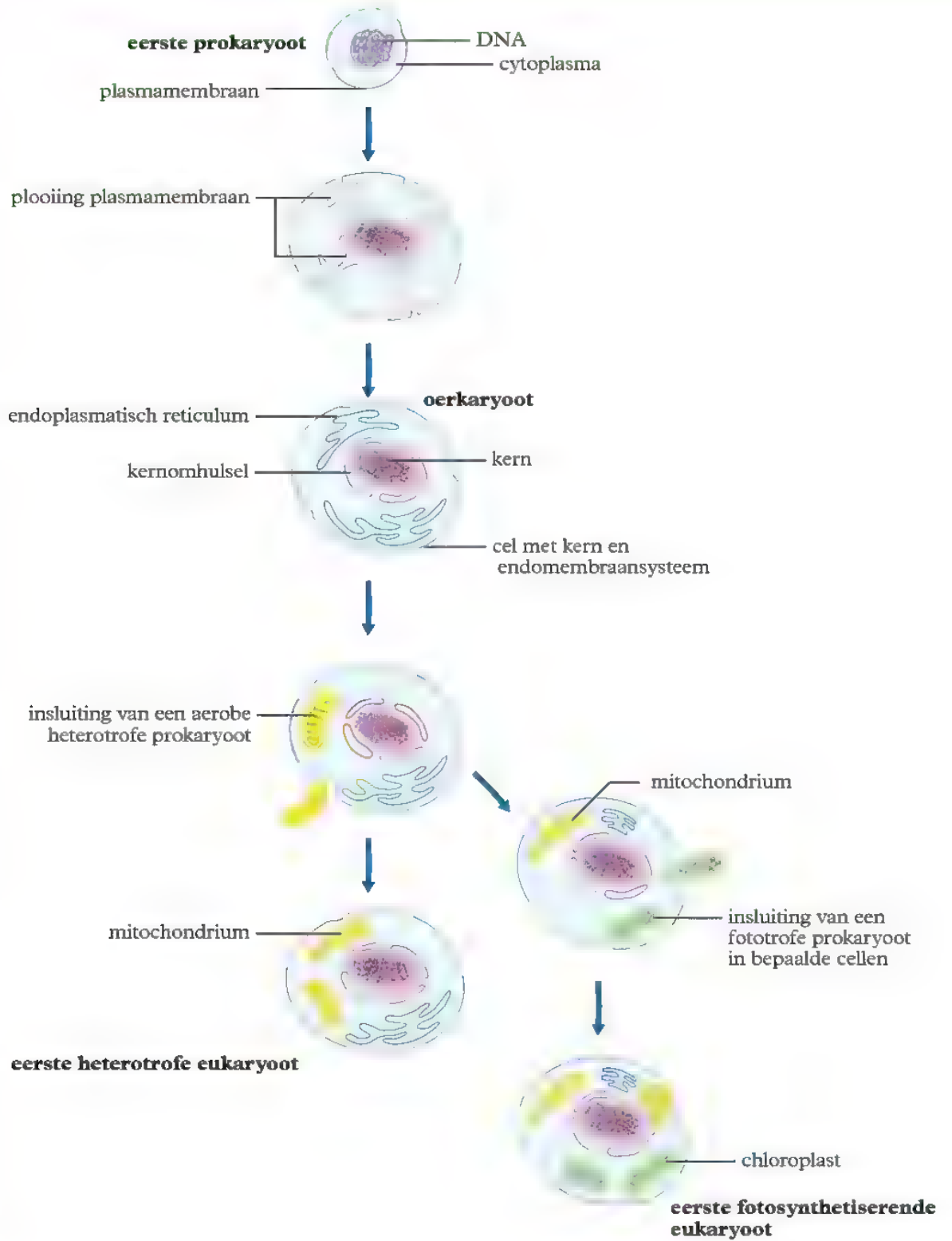
- Een Latijnse naam tussen haakjes betekent discussie over soort of ondersoort.
- De 'Out of Africa'-hypothese is voor een groot deel gebaseerd op de haplotypen van het Y-chromosoom en mtDNA. (haplotype = een serie allelen op opeenvolgende loci op een enkel chromosoom). Naast mtDNA en het Y-chromosoom spelen 'repeats' in het gen *INS VNTR* een rol. In Afrikaanse populaties komen daarvan 22 varianten voor, in niet-Afrikaanse slechts 3.



Verspreiding van *Homo sapiens* passend bij de 'Out of Africa' hypothese. De getallen geven het aantal jaren geleden (van 200.000-50.000) aan en zijn gebaseerd op de paleontologische en archeologische gegevens en genetische studies. De letters corresponderen met de hierboven genoemde haplogroepen.



tijd



<i>antibioticumgroep</i>	<i>voorbeelden</i>	<i>werking</i>	<i>bijzonderheden</i>
tetracyclinen	tetracycline doxycycline	remmen de eiwitsynthese door binding aan het 30S ribosomale deel	resistentie door actieve uitscheiding middels “pompen” in het bacteriemembraan en blokkering van aanhechtingsplaats ribosoom
sulfonamiden/ trimethoprim		leggen de vorming van foliumzuur stil	resistentie door opname van foliumzuur uit de omgeving
penicillinen/ cefalosporinen	penicilline G amoxicilline	blokkeren met de $\beta$ -lactamkern een enzym dat betrokken is bij de vorming van de celwand. Deze wordt doorlaatbaar voor water, waardoor de bacteriecel barst	uitschakeling van o.a. amoxicilline door bacteriële afbraak. Daarom wordt het in combinatie met clavicaanzuur gebruikt, dat competitief het $\beta$ -lactamase wegvangt.
	oxacilline	remt RNA-polymerase van bacteriën	penicillinase resistent
macroliden	erythromycine	remmen de eiwitsynthese door binding aan het 50S ribosomale deel	resistentie door methylering van adenine aan het 50S ribosoom en door uitpompen via de celmembraan
(fluoro-)quinolonen	gemifloxacin moxifloxacin	verhinderen bacteriële transcriptie en translatie	resistentie door uitpompen via celmembraan en door blokkering aangrijpingspunt van quinolonen
aminoglycosiden	gentamicine tobramycine streptomycine	remmen de eiwitsynthese door binding aan het 30S ribosomale deel	synergistisch met $\beta$ -lactam – geen orale toediening – resistentie door actieve uitscheiding middels “pompen” in het bacteriemembraan en blokkering van aanhechtingsplaats ribosoom
nitro-imidazolen	metronidazol	produceren superoxideradicalen die het DNA vernietigen	specifiek tegen anaerobe bacteriën
glycopeptiden	vancomycine	verhindert vorming van dwarsverbindingen van celwandmoleculen	wordt vooral gebruikt als laatste redmiddel bij MRSA-infectie – resistentie door wijziging aangrijpingspeptide door de bacterie

<i>prion en bron</i>	<i>voorkomend bij</i>	<i>mogelijk effect aanwezigheid</i>
HET-s prionmutant van normaal HET-S gen	Podospora anserina (een schimmel)	kolonie met s-mutant selectieve sporendoding van S-mutant bij seksuele voortplanting, gevoeliger voor infectie met mitochondriaal verouderingsplasmide
URE3 prionmutant van ure2p gen	Saccharomyces cerevisiae (een gist)	groei mogelijk op N-arme bron
ISP+ prionmutant van sfp1	Saccharomyces cerevisiae	antisuppressor van bepaalde Sup35 genen (translatie-einde factoren)
PrP <sup>PR</sup> , ook wel CD230	mens	Creutzfeld-Jakob, kuru en fatal familial insomnia
Prionisoform van PrP <sup>C</sup>		
PrP <sup>PR</sup> variant	koe, overdraagbaar op mens	BSE (gekke koeienziekte)
PrP <sup>PR</sup> variant	schaap	scrapie
PrP <sup>PR</sup> variant	o.a. hert, rendier	chronic wasting disease



normaal eiwit  
met 4  $\alpha$ -helixen

prioneiwit met  
2  $\alpha$ -helixen en  
4  $\beta$ -platen

ADI, aanvaardbare dagelijkse inname, uitgedrukt in mg per kg lichaamsgewicht

	ADI	bijzonderheden
• <i>spoorelementen</i>		
arseen	$2 \cdot 10^{-3}$ <sup>2</sup>	voor anorganisch As, voor de meeste organische As-verbindingen ligt deze waarde aanzienlijk hoger
broom (als Br )	1	
cadmium	<sup>2</sup>	400-500 µg per week per persoon
jood		1 mg per dag per persoon
koper	0,05-0,5	
kwik		0,3 mg per week per persoon waarvan niet meer dan 0,2 mg als methylkwikverbindingen
lood		3 mg per week voor een volwassene, vooropgesteld dat de belasting uit lucht en drinkwater niet hoger is dan resp. 280 en 700 µg per week; voor kinderen 25 µg per kg lichaamsgewicht per week
tin	2	
ijzer	0,8	voor alle ijzerverbindingen, uitgezonderd de ijzeroxiden
zink	0,3-1,0	
• <i>chloorkoolwaterstoffen</i>		
aldrin	$0,1 \cdot 10^{-3}$	
DDT	$20 \cdot 10^{-3}$	
β-HCH	$< 1 \cdot 10^{-3}$	hexachloorcyclohexaan
heptachloor	$0,25 \cdot 10^{-3}$	
• <i>stikstofverbindingen</i>		
nitraat	3,7	K- of Na-zout, hier berekend als Na-zout
nitriet	0,04	K- of Na-zout, hier berekend als nitrietion
• <i>aromaat</i>		
styreen	$40 \cdot 10^{-3}$	
TCDD	$1-4 \cdot 10^{-9}$	meest giftige 2,3,7,8-tetrachloordibenzo-p-dioxine

	ADI	bijzonderheden
• <i>aromastoffen</i>		
trans-anethool	2,5	trans-1-(4-methoxyfenyl)propeen
benzaldehyde	5	fenylmethanal
carvon	1	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-cyclohex-2-een-1-on
citral	0,5	cis- en trans-3,7-dimethyl-octa-2,6-diënal (neral en geranial)
ethylbutyraat	15	ethylbutanoaat
ethylheptanoaat	2,5	
ethylauraat	1	ethyldodecanoaat
eugenol	2,5	4-allyl-2-methoxyfenol
fumaarzuur	6	trans-buteendizuur en zijn Na-zout, ook zuurteregelaar
kaneelaldehyde	0,7	trans-3-fenylpropenal
mentol	0,2	2-isopropyl-5-methylcyclohexanol
octanal	0,1	
vanilline	10	(4-hydroxy-3-methoxyfenyl)methanal, smaakstof

	ADI	bijzonderheden
• conserveermiddelen		
benzoëzuur	5	benzeencarbonzuur en zijn Ca-, K- en Na-zouten, ook aromastof, E210
formaldehyde	0,15	2 mg per kg verpakte eet- en drinkwaren; methanal, E240
mierenzuur	3	methaanzuur en zijn Ca- en Na-zouten, ook vergasser, E236
sorbinezuur	25	trans, trans-hexa-2,4-dieenzuur en zijn Ca-, K- en Na-zouten, E200
sulfiet	0,7	berekend als SO <sub>2</sub> ; bijv. als SO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , NaHSO <sub>3</sub> , E221-228
wijnsteenzuur	30	2,3-dihydroxybutaandizuur en de Ca-, K- en Na-zouten hiervan, ook zuurteregelaar, E334
• kleurstoffen		
aluminium	0,6	Al en zijn verbindingen, hier berekend als Al; ook hechtstoffen, E173
amarant	0,5	C <sub>20</sub> H <sub>11</sub> N <sub>2</sub> Na <sub>3</sub> O <sub>10</sub> S <sub>3</sub> , rood, E123
briljantblauw FCF	10-12,5	C <sub>37</sub> H <sub>34</sub> N <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>9</sub> S <sub>3</sub> , E133
briljantgroen BS	5	C <sub>27</sub> H <sub>25</sub> N <sub>2</sub> NaO <sub>7</sub> S <sub>3</sub> , E142
chinolinegeel	10	C <sub>18</sub> H <sub>9</sub> NNa <sub>2</sub> O <sub>8</sub> S <sub>2</sub> , E104
chocoladebruin HT	1,5	C <sub>27</sub> H <sub>18</sub> N <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>9</sub> S <sub>2</sub> , E155
riboflavine	0,5	vitamine B <sub>2</sub> , geel, E101
ijzeroxiden	0,5	E172
• oplosmiddelen		
aceton		5 mg per kg voedsel
butaan-1,3-diol	4	dragerstof
ethylacetaat	6-25	ook aromastof
propaan-2-ol	1,5	
triethylcitraat	20	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>7</sub> , dragerstof
• diversen		
adipinezuur	5	hexaandizuur en zijn K-, Na- en NH <sub>4</sub> -zouten, zuurteregelaar, E355
alginaten	25	verdikkingmiddel, E400-405
ammoniumfosfatiden	30	emulgator, E442
L-ascorbinezuur- vetzuuresters	1,25	antioxidanten
chloor (Cl <sub>2</sub> )		2,5 g per kg cakemeel, 'meelverbeteraar', bleekmiddel
chloordioxide		30 ppm van het meel, 'meelverbeteraar', bleekmiddel
dichloordifluor- methaan	1,5	vriesvloeistof, drijfgas
kaliumbromaat		75 ppm van het meel, 'meelverbeteraar', E924
stearylcitraat	50	citroenzuur dat gedeeltelijk veresterd is met in hoofdzaak stearyl- maar ook met palmitylgroepen, emulgator
tinchloride	2	tin(II)chloridedihydraat, verdikkingmiddel, antioxidant
α-tocoferol	2	vitamine E, antioxidant, E307
wonderolie	0,7	ricinusolie, 'castorolie', los-, smeer- en glijmiddel
• zoetstoffen - niet energieleverend <sup>3</sup>		
acesulfaam-k	9	E950
aspartaam	40	E951
cyclamaat	11	E952
sacharine	2,5	E954

1 ► ontleend aan *Het additievenboekje*, SDU uitgeverij, 1988 en aan *E = Eetbaar*, 4e druk, door dr. J. Kamsteeg, Gottmer Uitgeversgroep, 2001

2 ► Daar waar ADI de aanvaarde dagelijkse inname aangeeft, geeft LD50 (median Lethal Dose for 50% of subjects) aan hoeveel stof bij 50% van een populatie tot de dood leidt. LD50 is een maat voor de acute giftigheid en zegt niets over de lange-termijn-toxiciteit van de stof, omdat de stof in één keer wordt toegediend. Verder is LD50 verschillend voor ieder organisme. De LD50 wordt vaak bepaald voor orale (via de mond) en dermale (via de huid) toedieningswegen. Oraal geldt voor arseen: LD50<sub>rat</sub> = 763 mg kg<sup>-1</sup>. Oraal geldt voor cadmium: LD50<sub>rat</sub> = 2330 mg kg<sup>-1</sup> en LD50<sub>muis</sub> = 890 mg kg<sup>-1</sup>.

3 ► ontleend aan de informatiebrochure van Voorlichtingsbureau voor de Voeding, 1997



De in deze tabel opgenomen gegevens dienen voor een eerste oriëntatie. Meer informatie is bijvoorbeeld te vinden op de Chemiekaarten van het Veiligheidsinstituut.

*Uit het ontbreken van gegevens mag geen onschadelijkheid geconcludeerd worden! Bij het ontbreken van gegevens in Nederland zijn in sommige gevallen buitenlandse gegevens gebruikt.*

*Betekenis van de kolommen*

I – gifig bij inademen van gas, damp of stof	VI – brand- en/of explosiegevaar
II – grenswaarde (TGG <sup>1</sup> 8 uur) mg m <sup>-3</sup>	VII – het meest opmerkelijke gevaaraspect
III – grenswaarde (TGG <sup>1</sup> 15 minuten) in mg m <sup>-3</sup>	VIII – eerste hulp bij a) inademen b) inslikken c) huid- of oogcontact
IV – gifig bij inwendig gebruik	IX – bijzonderheden
V – gevaarlijk voor huid en ogen	

*Betekenis van de afkortingen in kolom VIII*

A – arts waarschuwen	G Br – geen braken opwekken	W – veel water laten drinken
B – zonodig beademen	HZ – halfzittende houding laten innemen	Z – naar ziekenhuis vervoeren
Br – braken opwekken	K – verontreinigde kleren uittrekken	
D – douchen	Sp – mond spoelen met veel water	

■ Bij inademen van gevaarlijke chemicaliën altijd zorgen voor rust en frisse lucht; bij huid- of oogcontact altijd spoelen met water.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
								<div>inademen</div>	<div>inslikken</div>	<div>huid/ogen</div>
acetaldehyde [ethanal]	■	37	92	■	■	■	■	HZ - A	W - AB - Z	K - D - A
aceton [propanon]	■	1210	2420	■	■	■	■	A	W - G Br - Z	K - D - A
acetyleen [ethyn]	■	1080					■	B - A		Explosief bij verwarming met zuurstof, koper, zilver of kwik.
aluminiumchloride	■			■	■	■	■	HZ - Z	Sp - W - Z - G Br	K - A
aminen (alifatische)	■	9 - 15		■	■	■	■			Veroorzaakt brandwonden
ammoniak	■	14	36	■	■	■	■	HZ - A - Z		Explosief met halogenen, kwik of zilveroxide
ammoniumnitraat	■			■	■	■	■		Br - Z	K - A
ammoniumnitriet	■			■	■	■	■			Explosief in gesmolten toestand of met organische stoffen
ammoniumsulfide	■			■	■	■	■	HZ - B - A/Z	W - Z	Explosief bij verwarmen of door schokken.
aniline [benzeenamine]	■	1,94	3,87	■	■	■	■	Z	W - Br - Z	K - Z
arsen en arsenverbindingen	■	0,025	0,05	■	■	■	■	B - HZ - Z	Sp - W - Z	K - D
azijnzuur [ethaanzuur]	■	25	50	■	■	■	■	HZ - Z	W - G Br - Z	K - A
barium en bariumverbindingen (behalve BaSO <sub>4</sub> )	■	0,5		■	■	■	■	HZ - Z	Sp - W - Br - Z	K - A
benzaldehyde [fenylmethanal]	■	4,4	17,4	■	■	■	■	B - A	Sp - W - Br	K - D
benzeen	■	3,25		■	■	■	■	B - A	Br - Z	K - A
benzine	■	240	480	■	■	■	■	B	G Br - A/Z	K - D - A
benzozuur [benzeencarbonzuur]	■			■	■	■	■	HZ	Sp - W - Z	K - D - A



	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX
								inadem	in deuken	
benzoylperoxide	■	5		■	■	■	■	explosiegevaar		Explosief bij sterke verhitting.
blauwzuur [waterstofcyanide]	■	1		■	■	■	■	zeer vergifig	B - A/Z	K - Z
bleekwater, bleekpoeder	zie hypochlorieten									
boor en boorverbindingen	■			■	■	■	■		Sp - W - Br - Z	K - A
broom	■		0,2	■	■	■	■	gevaarlijke dampen	Sp - W - G Br - Z	K - D
butaan-1-ol	■	310	310	■	■	■	■	gevaarlijke dampen	Br - A/Z	K - D - A
calcium	■			■	■	■	■	brandgevaarlijk	W - A	K - A
calciumoxide	■	1	4	■	■	■	■		W - Z	K - A
carbide [calciumacetylide]	■			■	■	■	■	explosiegevaar	Sp - W - Z	K - A
chloor	■		1,5	■	■	■	■	zeer vergifig	HZ - A	K - A
chloorazijnzuur [chloorethaanzuur]	■			■	■	■	■			Explosief met waterstof, acetyleen of ammoniak.
chloorbenzeen	■	24		■	■	■	■		B	K
chloorzuur	■			■	■	■	■		Melk - Br - Z	
chloroform [trichloormethaan]	■	5		■	■	■	■	gevaarlijke dampen	Sp - G Br - A/Z	K - D
chroomtri-oxide (chroom(VI)oxide), chromaten en dichromaten	■	0,025	0,05	■	■	■	■	bijtend	W - Z	K - A
cyaniden	■	1	5	■	■	■	■	zeer vergifig		
cyclohexeen	■	1015		■	■	■	■	gevaarlijke dampen	G Br - Z	K
diammenezilvernooten, oplossing	■			■	■	■	■	explosiegevaar		
dikalkiumcarbonaat (kalkumcarbonaat)	zie dinatriumcarbonaat (natriumcarbonaat)									
dinatriumcarbonaat (natriumcarbonaat)	■			■	■	■	■		W - G Br	A
esters van lagere alcoholen en lagere zuren	■			■	■	■	■			
ethanol (ethylalcohol, alcohol)	■	260		■	■	■	■	verslavingsgevaar	Br - A/Z	K - D
ether [ethoxyethaan]	■	308	616	■	■	■	■	explosiegevaar	G Br - B - Z	K - D
ethylacetate [ethylacetaat]	■	550	1100	■	■	■	■		Sp - W - Br - Z	K
fenol [benzenol]	■	8		■	■	■	■	bijtend	Sp - G Br - Z	K - Z/A
fluor	■		0,5	■	■	■	■	zeer vergifig	Z	K - D/Z
fluoriden (oplosbare)	■		3,5	■	■	■	■		Melk - G Br - Z	K - A
formaldehyde [methanal], formaline	■	0,15	0,5	■	■	■	■	bijtend	W - Sp - Z	K - D - A
fosfor (rood)	■			■	■	■	■			
fosfor (wit)	■	0,1		■	■	■	■	uiterst brandbaar	Sp - W - Br - A/Z	K - D - A
fosforhalogeniden	■	1		■	■	■	■	bijtend	Z	K - D
fosforpentoxide [difosforpentaoxide]	■	1		■	■	■	■	bijtend	Sp - Z	K - A
fosforzuur	■	1	2	■	■	■	■	bijtend	W - A/Z	K - D - A

[illegible]

IX

VIII

IV V VI VII

III

II

I

stoffen	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
stoffen	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
ozon	0,12 <sup>3</sup>				vergiftig		
pentanolen					schadelijk	A	K-A
perchloraanzuur					explosiegevaar	Sp-W-Z	K-A
petroleum						GBr-A/Z	K
petroleumether					explosiegevaar	GBr-Z	K
pikrinezuur [2,4,6-trinitrofenol]					explosiegevaar	W-A	K-A
propaan-1-ol	500					Sp-W-A	K-D
propionzuur [propaanzuur]	31	62			bijtend	Sp-W-Z	K-D-A
salpeterzuur		1,3			bijtend	Sp-W-Z	K-D-H
stikstofdioxide	0,4				gevaarlijke dampen	HZ-Z	K-A/Z
stikstofmono-oxide	0,25				gevaarlijke dampen	H7-7	K-A/Z
sublimen (oplosbare)					zeer vergiftig	H7-A	K-A
terpentine	564				gevaarlijke dampen	GBr-A/Z	K
tetra (tetra chloormethaan)	3,2	6,4			vergiftig	B-A	K-D
tindichloride (tin(II)chloride)	2						
tolueen [methylbenzeen]	150	384			vergiftig	A	K-D
tri (trichlooretheen)	54,7	164,1				B-Z	K-D-A
waterstof					explosiegevaar		Explosief met zuurstof, chloor of fluor.
waterstofhalogeniden	2-10				bijtend		
waterstofperoxide	1,4				explosiegevaar	HZ-A	K-D-A
						W-A/Z	Explosief door verhitten, licht of katalysatoren, in donker bewaren.
waterstofsulfide	2,3				zeer vergiftig	A/Z	
xylenen [dimethylbenzenen]	210	442				B	K
zilvernitraat	0,01				bijtend	HZ-A	K-D
zinkchloride	1				bijtend	Z	A
zoutzuur	8	15			bijtend	HZ-B-Z	K-A
zwavel					brandgevaar	A	A
zwavel dioxide	1,3	2,6			zeer vergiftig	HZ-Z	K-D-A
zwavelzuur	0,05				bijtend	HZ-B-Z	K-D-A
						Z	Zwavelzuur kan huid, kleren e.d. doen verkolen, altijd geconcentreerd zwavelzuur voorzichtig in water gieten, niet omgekeerd





1 ► TTGG is tijdgewogen gemiddelde. Laat een kortdurende overschrijding toe mits deze gedurende de rest van de werkdag gecompenseerd wordt.

2 ► Biologische grenswaarde in mg/100 mL bloed

3 ► TTGG 1 uur

gevaarpictogram GHS-nr. soort gevaar	klasse subklasse 1.1-1.6 categorie 1-3 type A-G	opmerking
 01 – explosief; fysisch	ontplobbare stoffen 1.1-1.4	stoffen mengsels en voorwerpen van 1.1: met gevaar voor massaexplosie tot 1.4: die geen groot gevaar opleveren
	zelfontledende stoffen en mengsels A,B organische peroxiden A,B	van A: gevaar op ontploffing bij verwarming tot B: brand- of ontploffingsgevaar bij verwarming
 02 – ontvlambaar; fysisch	ontvlambare gasen 1,2 aerosolen 1,2 ontvlambare vloeistoffen 1-3	van 1: zeer licht ontvlambaar tot 2: licht ontvlambaar van 1: laag vlampunt < 23°C tot 3: vlampunt ≤ 60 °C en
	ontvlambare vaste stoffen 1,2	van 1: beginkookpunt ≤ 35 °C tot 3: beginkookpunt < 60 °C
	zelfontledende stoffen en mengsels B-F pyrofore vloeistoffen 1 vaste stoffen 1	uit resultaten van de verbrandingssnelheidstest van B: gevaar op ontploffing bij verwarming tot F: brandgevaar bij verwarming ontbrandt bij blootstelling aan de lucht binnen vijf minuten
	voor zelfverhitting vatbare stoffen en mengsels 1,2 stoffen en mengsels die in contact met water ontvlambare gasen ontwikkelen 1-3 organische peroxiden B-F	kunnen bij blootstelling aan lucht zonder toevoer van energie voor zelfverhitting zorgen van 1: heftige reactie; spontane ontbranding mogelijk; of grote gasontwikkeling tot 3: langzame reactie van B: brand- of ontploffingsgevaar bij verwarming tot F: brandgevaar bij verwarming
	oxiderende gasen 1 vloeistoffen 1-3 vaste stoffen 1-3	van 1: kan brand of ontploffing veroorzaken of bevorderen; sterk oxiderend tot 3: kan brand bevorderen; oxiderend
 03 – brandbevorderend (oxiderend); fysisch	gassen onder druk	samengeperst, vloeibaar gemaakt, opgelost of sterk gekoeld vloeibaar gemaakt
 05 – corrosief; fysisch/gezondheid	bijtend voor metalen huidcorrosie en huidirritatie 1A-1C ernstig oogletsel/oogirritatie 1	corrosieve stoffen bijtend voor de huid ernstig oogletsel (onomkeerbaar)

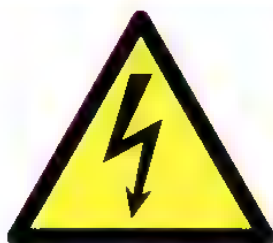


gevaarpictogram GHS-nr. soort gevaar	klasse subklasse 1.1-1.6 categorie 1-3 type A-G	opmerking
	acute toxiciteit 1-3	van 1: dodelijk tot 3: schadelijk bij inslikken/bij contact met de huid/bij inademing
06 – toxisch; gezondheid		
	acute toxiciteit 4 huidcorrosie en huidirritatie 2 ernstig oogletsel/oogirritatie 2 sensibilisatie van de huid 1 specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling 3	schadelijk irriterend voor de huid ernstige oogirritatie (omkeerbaar) huidallergeen tijdelijke effecten m.n. narcotische werking en irritatie van de luchtwegen
07 – schadelijk; gezondheid		
	sensibilisatie van de luchtwegen 1 mutageniteit in geslachtscellen 1A,1B,2	inhalatie allergeen stoffen waarvan bekend is of waarvan verondersteld wordt dat ze erfelijke mutaties veroorzaken 1A: gegevens bij mensen bekend 1B: gegevens vooral van dierproeven 2: stoffen die ervan verdacht worden mutageen/ kankerverwekkend te zijn/ dat ze effecten hebben op de vruchtbaarheid of het ongeboren kind
08 – Schadelijk voor de gezondheid op lange termijn; gezondheid		
	kankerverwekking 1A,1B,2	stoffen waarvan bekend is of waarvan verondersteld wordt dat ze kanker veroorzaken
	voortplantingstoxiciteit 1A, 1B, 2	stoffen waarvan bekend is of waarvan verondersteld wordt dat ze effecten hebben op de vruchtbaarheid of het ongeboren kind
	specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige/herhaaldelijke blootstelling 1,2 aspiratiegevaar 1	1 betrouwbare gegevens omtrent gevaar bekend bij mensen of dieren, 2 op basis van dierproefgegevens verondersteld gevaarlijk voor de mens kan dodelijk zijn als het bij inslikken in de luchtwegen terecht komt
	acute toxiciteit 1 chronische toxiciteit 1-4  (3 en 4 geen pictogram)	zeer giftig voor waterorganismen 1: zeer giftig voor waterorganismen, met langdurige gevolgen 2: giftig 3: schadelijk 4: kan op lange termijn effecten hebben op waterorganismen
09 – Milieugevaarlijk; milieu		





algemeen: pas op, gevaar



hoge elektrische spanning



magnetisch veld



elektromagnetisch veld



laserlicht, lasers



microgolfstraling



ioniserende straling



asbestgevaar



aarding



hete dampen



biologisch gevaar



niet met water blussen

## Recycleersymbolen



01	PET/PETE	polyethyleentereftalaat	polyestervezels, folie, frisdrankflessen
02	PE-HD	hoge-dichtheid-polyetheen	plastic flessen, zakken en buizen, vuilnisemmers, kunsthout
03	PVC	polyvinylchloride	kozijnen, buizen, flessen (voor chemicaliën, lijm, ...)
04	PE-LD	lage-dichtheid-polyetheen	plastic zakken, emmers, dispenserflessen voor zeep, slangetjes
05	PP	polypropreen	bumpers, interieurpanelen e.d. voor auto's, industriële vezels
06	PS	polystyreen	speelgoed, bloempotten, videocassettes, asbakken, koffers, schuim
07	other	andere kunststoffen, zoals PMMA (o.a. perspex), polycarbonaat, polyamide (o.a. nylon), ABS	
20	PAP	golfkarton	verpakkingen
21	PAP	overig karton	verpakkingen
22	PAP	papier	kranten, tijdschriften, etc.
40	FE	staal	
41	ALU	aluminium	
50	FOR	hout	
51	FOR	kurk	
60	TEX	katoen	
61	TEX	jute	
70	GL	kleurloos glas	
71	GL	groen glas	
72	GL	bruin glas	

**gevenaanduidingen voor materiële gevaren**

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H200	Ontploffbare stoffen, instabiel	"Instabiele ontploffbare stof."
H204	Ontploffbare stoffen, subklasse 1.4	"Gevaar voor brand of scherfwerking."
H220	Ontvlambare gassen, gevaencategorie 1,2	"Zeer licht ontvlambaar gas."
H221	Ontvlambare gassen, gevaencategorie 2	"Ontvlambaar gas."
H224	Ontvlambare vloeistoffen, gevaencategorie 1	"Zeer licht ontvlambare vloeistof en damp."
H225	Ontvlambare vloeistoffen, gevaencategorie 2	"Licht ontvlambare vloeistof en damp."
H240	Zelfontledende stoffen en mengsels/organische peroxiden, type A	"Ontploffingsgevaar bij verwarming."
H241	Zelfontledende stoffen en mengsels/organische peroxiden, type B	"Brand- of ontploffingsgevaar bij verwarming."
H250	Pyrofore vloeistoffen/vaste stoffen, gevaencategorie 1	"Vat spontaan vlam bij blootstelling aan lucht."
H251	Voor zelfverhitting vatbare stoffen en mengsels, gevaencategorie 1	"Vatbaar voor zelfverhitting: kan vlam vatten."
H260	Stoffen en mengsels die in contact met water ontvlambare gassen ontwikkelen, gevaencategorie 1	"In contact met water komen ontvlambare gassen vrij die spontaan kunnen ontbranden."
H270	Oxiderende gassen, gevaencategorie 1	"Kan brand veroorzaken of bevorderen; oxiderend."
H271	Oxiderende vloeistoffen/vaste stoffen, gevaencategorie 1	"Kan brand of ontploffingen veroorzaken; sterk oxiderend."
H280	Gassen onder druk: samengeperst gas; vloeibaar gas; opgelost gas	"Bevat gas onder druk; kan ontploffen bij verwarming."
H281	Gassen onder druk: sterk gekoeld vloeibaar gas	"Bevat sterk gekoeld gas; kan cryogene brandwonden of letsel veroorzaken."
H290	Bijtend voor metalen, gevaencategorie 1	"Kan bijtend zijn voor metalen."

**gevenaanduidingen voor gezondheidsgevaaren**

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H300	Acute orale toxiciteit, gevaencategorie 1 en 2	"Dodelijk bij inslikken."
H301	Acute orale toxiciteit, gevaencategorie 3	"Giftig bij inslikken."
H302	Acute orale toxiciteit, gevaencategorie 4	"Schadelijk bij inslikken."
H304	Aspiratiegevaar, gevaencategorie 1	"Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt."
H310	Acute dermale toxiciteit, gevaencategorie 1 en 2	"Dodelijk bij contact met de huid."
H311	Acute dermale toxiciteit, gevaencategorie 3	"Giftig bij contact met de huid."
H312	Acute dermale toxiciteit, gevaencategorie 4	"Schadelijk bij contact met de huid."
H314	Huidcorrosie/-irritatie, gevaencategorie 1A, 1B en 1C	"Veroorzaakt ernstige brandwonden."
H315	Huidcorrosie/-irritatie, gevaencategorie 2	"Veroorzaakt huidirritatie."
H317	Huidsensibilisatie, gevaencategorie 1	"Kan een allergische huidreactie veroorzaken."
H318	Ernstig oogletsel/oogirritatie, gevaencategorie 1	"Veroorzaakt ernstig oogletsel."
H319	Ernstig oogletsel/oogirritatie, gevaencategorie 2A	"Veroorzaakt ernstige oogirritatie."
H330	Acute toxiciteit bij inademing, gevaencategorie 1 en 2	"Dodelijk bij inademing."
H331	Acute toxiciteit bij inademing, gevaencategorie 3	"Giftig bij inademing."
H332	Acute toxiciteit bij inademing, gevaencategorie 4	"Schadelijk bij inademing."
H334	Sensibilisatie van de luchtwegen, gevaencategorie 1	"Kan bij inademing allergie- of astmasymptomen of ademhalingsmoeilijkheden veroorzaken."
H335	Specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevaencategorie 3, irritatie van de luchtwegen	"Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken."
H336	Specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevaencategorie 3, narcotische werking	"Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken."

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H340	Mutageniteit in geslachtscellen, gevarencategorie 1A en 1B	"Kan genetische schade veroorzaken <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>."
H350	Kankerverwekkendheid, gevarencategorie 1A en 1B	"Kan kanker veroorzaken <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>."
H351	Kankerverwekkendheid, gevarencategorie 2	"Verdacht van het veroorzaken van kanker <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>."
H360	Voortplantingstoxiciteit, gevarencategorie 1A en 1B	"Kan de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden <specifiek effect vermelden indien bekend> <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>."
H362	Voortplantingstoxiciteit, aanvullende categorie, effecten op en via lactatie	"Kan schadelijk zijn via de borstvoeding."
H370	Specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevarencategorie 1	"Veroorzaakt schade aan organen <of alle betrokken organen vermelden indien bekend> <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>."
H372	Specifieke doelorgaantoxiciteit bij herhaalde blootstelling, gevarencategorie 1	"Veroorzaakt schade aan organen <of alle betrokken organen vermelden indien bekend> bij langdurige of herhaalde blootstelling <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>."

### gevenaanduidingen voor milieugevaren

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H400	Acuut gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 1	"Zeer giftig voor in het water levende organismen."
H410	Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 1	"Zeer giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen."
H413	Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 4	"Kan langdurige schadelijke gevolgen voor in het water levende organismen hebben."
H420	Gevaarlijk voor de ozonlaag, gevarencategorie 1	"Schadelijk voor de volksgezondheid en het milieu door afbraak van ozon in de bovenste lagen van de atmosfeer."

### aanvullende gevareninformatie (EUH-zinnen)

<i>code</i>	<i>Materiële eigenschappen</i>	<i>code</i>	<i>gezondheidseigenschappen</i>
EUH001	"In droge toestand ontplofbaar."	EUH029	"Vormt giftig gas in contact met water."
EUH006	"Ontplofbaar met en zonder lucht."	EUH032	"Vormt zeer giftig gas in contact met zuren."
EUH014	"Reageert heftig met water."	EUH066	"Herhaalde blootstelling kan een droge of een gebarsten huid veroorzaken."
EUH018	"Kan bij gebruik een ontvlambaar/ontplofbaar damp-luchtmengsel vormen."	EUH070	"Giftig bij oogcontact."
EUH019	"Kan ontplofbare peroxiden vormen."	EUH071	"Bijtend voor de luchtwegen."
EUH044	"Ontploffingsgevaar bij verwarming in afgesloten toestand."		



**aanvullende etiketteringselementen/informatie over bepaalde stoffen of mengsels**

code	tekst
EUH201	"Bevat lood. Mag niet worden gebruikt voor voorwerpen waarin kinderen kunnen bijten of waaraan kinderen kunnen zuigen."
EUH204	"Bevat isocyanaten. Kan een allergische reactie veroorzaken."
EUH205	"Bevat epoxyverbindingen. Kan een allergische reactie veroorzaken."
EUH206	"Let op! Niet in combinatie met andere producten gebruiken. Er kunnen gevaarlijke gasen (chloor) vrijkomen."
EUH208	"Bevat <naam van de sensibiliserende stof>. Kan een allergische reactie veroorzaken."
EUH209	"Kan bij gebruik licht ontvlambaar worden."
EUH210	"Veiligheidsinformatieblad op verzoek verkrijgbaar."
EUH401	"Volg de gebruiksaanwijzing om gevaar voor de menselijke gezondheid en het milieu te voorkomen."

**lijst van voorzorgsmaatregelen (P-zinnen)**

**algemeen**

Code	tekst
P101	"Bij het inwinnen van medisch advies, de verpakking of het etiket ter beschikking houden."
P102	"Buiten het bereik van kinderen houden."
P103	"Alvorens te gebruiken, het etiket lezen."

**voorzorgsmaatregelen in verband met preventie**

code	tekst
P201	"Alvorens te gebruiken de speciale aanwijzingen raadplegen."
P210	"Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken. - Niet roken."
P220	"Van kleding/.../brandbare stoffen verwijderd houden/bewaren."
P221	"Vermenging met brandbare stoffen... absoluut vermijden."
P222	"Contact met de lucht vermijden."
P223	"Contact met water vermijden in verband met een heftige reactie en een mogelijke wolkbrand."
P230	"Vochtig houden met..."
P231	"Onder inert gas werken."
P232	"Tegen vocht beschermen."
P233	"In goed gesloten verpakking bewaren."
P235	"Koel bewaren."
P243	"Voorzorgsmaatregelen treffen tegen ontladingen van statische elektriciteit."
P244	"Reduceerventielen vrij van olie en vet houden."
P250	"Malen/schokken/...wrijving vermijden."
P251	"Houder onder druk: ook na gebruik niet doorboren of verbranden."
P260	"Stof/rook/gas/nevel/damp/spuitnevel niet inademen."
P262	"Contact met de ogen, de huid of de kleding vermijden."
P263	"Bij zwangerschap of borstvoeding aanraking vermijden."
P270	"Niet eten, drinken of roken tijdens het gebruik van dit product."
P271	"Alleen buiten of in een goed geventileerde ruimte gebruiken."
P273	"Voorkom lozing in het milieu."
P280	"Beschermende handschoenen/beschermende kleding/oogbescherming, gelaatsbescherming dragen."
P284	"Adembescherming dragen."

**voorzorgsmaatregelen in verband met reactie**

code	tekst
P301	"NA INSLIKKEN: ..."
P303	"BIJ CONTACT MET DE HUID (of het haar): ..."
P304	"NA INADEMING: ..."
P305	"BIJ CONTACT MET DE OGEN: ..."
P306	"NA MORSEN OP KLEDING: ..."
P309	"NA blootstelling of bij onwel voelen: ..."
P310	"Onmiddellijk een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen."
P320	"Specifieke behandeling dringend vereist (zie ... op dit etiket)."
P330	"De mond spoelen."
P331	"GEEN braken opwekken."
P333	"Bij huidirritatie of uitslag: ..."
P334	"In koud water onderdompelen/nat verband aanbrengen."
P335	"Losse deeltjes van de huid afvegen."
P336	"Bevroren lichaamsdelen met lauw water ontdooien. Niet wrijven op de betrokken plaatsen."
P337	"Bij aanhoudende oogirritatie: ..."
P338	"Contactlenzen verwijderen, indien mogelijk. Blijven spoelen."
P341	"Bij ademhalingsmoeilijkheden het slachtoffer in de frisse lucht brengen en laten rusten in een houding die het ademen vergemakkelijkt."
P350	"Voorzichtig wassen met veel water en zeep."
P351	"Voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten."
P360	"Verontreinigde kleding en huid onmiddellijk met veel water afspoelen en pas daarna kleding uittrekken."
P372	"Ontploffingsgevaar in geval van brand."
P373	"NIET blussen wanneer het vuur de ontplofbare stoffen bereikt."
P374	"Met normale voorzorgen vanaf een redelijke afstand blussen."
P377	"Brand door lekkend gas: niet blussen, tenzij het lek veilig gedicht kan worden."
P380	"Evacueren."
P381	"Alle ontstekingsbronnen wegnemen als dat veilig gedaan kan worden."
P391	"Gelekte/gemorste stof opruimen."
P302+P334	"BIJ CONTACT MET DE HUID: in koud water onderdompelen/nat verband aanbrengen."
P303+P361+	"BIJ CONTACT MET DE HUID (of het haar): verontreinigde kleding onmiddellijk uittrekken -
P353	huid met water afspoelen/afdouchen."
P304+P340	"NA INADEMING: het slachtoffer in de frisse lucht brengen en laten rusten in een houding die het ademen vergemakkelijkt."
P308+P313	"NA (mogelijke) blootstelling: een arts raadplegen."
P309+P311	"NA blootstelling of bij onwel voelen: een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen."
P337+P313	"Bij aanhoudende oogirritatie: een arts raadplegen."
P342+P311	"Bij ademhalings symptomen: een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen."
P370+P376	"In geval van brand: het lek dichten als dat veilig gedaan kan worden."

**voorzorgsmaatregelen in verband met opslag**

code	tekst
P402	"Op een droge plaats bewaren."
P403	"Op een goed geventileerde plaats bewaren."
P404	"In gesloten verpakking bewaren."
P406	"In corrosiebestendige/... houder met corrosiebestendige binnenbekleding bewaren."
P407	"Ruimte laten tussen stapels/pallets."
P410	"Tegen zonlicht beschermen."
P411	"Bij maximaal ... °C/... °F bewaren."
P412	"Niet blootstellen aan temperaturen boven 50 °C/122 °F"
P413	"Bulkmateriaal, indien meer dan ... kg/... lbs, bij temperaturen van maximaal ... °C/... °F bewaren."
P420	"Gescheiden van ander materiaal bewaren."
P422	"Onder ... bewaren."



**uitgangspunten in de groene chemie****1. preventie**

Vorming van afval moet zoveel mogelijk worden voorkomen.

**2. atomeconomie**

Het eindproduct bevat zoveel mogelijk atomen van de in het proces gebruikte stoffen. De grondstoffen moeten dus zo efficiënt mogelijk gebruikt worden.

**3. minder schadelijke chemische productiemethoden**

Productiemethoden moeten dusdanig ontworpen worden dat ze de mens en het milieu zo weinig mogelijk schaden.

**4. ontwikkelen van minder schadelijke chemische stoffen**

Bij de ontwikkeling van producten moet erop gelet worden dat ze doen wat ze moeten doen, met zo weinig mogelijk schade aan mens en milieu.

**5. veiliger oplosmiddelen**

Tijdens de productie moet het gebruik van oplosmiddelen zo veel mogelijk vermeden worden.

**6. energie-efficiënt ontwerpen**

De energie die nodig is om een reactie uit te voeren moet verlaagd worden; dit met het oog op vermindering van kosten en van milieuschade. Zo mogelijk dienen processen te worden uitgevoerd bij relatief lage temperaturen en lage drukken (lieft bij normale druk). De energie die ontstaat bij een proces moet zo mogelijk hergebruikt worden.

**7. gebruik van hernieuwbare grondstoffen**

Grondstoffen moeten zo veel mogelijk hernieuwbaar zijn.

**8. reacties in weinig stappen**

Reacties in veel stappen moeten vermeden worden omdat dit betekent dat er meer uitgangsstoffen nodig zijn en er meer vervuiling ontstaat.

**9. katalyse**

Reacties met gebruik van een katalysator zijn efficiënter dan reacties zonder gebruik van een katalysator.

**10. ontwerpen met het oog op afbraak**

Er moeten chemische producten ontworpen worden, waaruit bij afbraak stoffen ontstaan die niet giftig zijn en niet ophopen in het milieu.

**11. tussentijdse analyse met het oog op preventie van milieuverontreiniging**






Door gebruik van analysemethoden moet ervoor gezorgd worden dat milieuverontreinigende (bij)producten worden ontdekt zodra ze vrijkomen.

**12. minder risicovolle chemie**

Stoffen in een chemisch proces moeten dusdanig gekozen worden dat het risico van chemische ongelukken zo klein mogelijk is. Er moet werk gemaakt worden van preventie op het gebied van brand en explosie.

**begrippen in de groene chemie**

<i>begrip</i>	<i>omschrijving</i>
atomeconomie	De theoretisch berekende, totale massa van de atomen in het gewenste product volgens de reactievergelijking, gedeeld door de totale massa van de atomen van de beginstoffen en vermenigvuldigd met 100%.
E-factor	De massa van alle reactanten minus de massa van het gewenste product, gedeeld door de massa van het gewenste product, rekening houdend met het rendement. Zie tabel 37H.
vervuilingscoëfficiënt $Q$	Een arbitraire waarde van een stof, waarin wordt aangegeven in welke mate een stof vervuילend/gevaarlijk is. (vb. water: $Q = 0$ , niet schadelijke zouten zoals NaCl: $Q = 1$ , giftige producten: $Q = 100 - 1000$ )
praktische opbrengst	De hoeveelheid stof die in de praktijk gevormd wordt.
theoretische opbrengst	De hoeveelheid stof die theoretisch gevormd kan worden, gebruikmakend van een stoichiometrische reactievergelijking.
rendement	De praktische hoeveelheid product gedeeld door de theoretisch maximale hoeveelheid. Dit quotiënt vermenigvuldigd met 100% geeft het rendement.

	geen (betrouwbare) data/geen natuurlijk voorkomende metalen
	ruim voorradig
	gelimiteerde beschikbaarheid, kans op schaarste in toekomst
	stijgend risico op tekorten door toenemend gebruik
	significant risico op ernstige tekorten in de komende 100 jaar

■ De schaarste van elementen in de toekomst is een ruwe schatting voor de beschikbaarheid. Er zijn veel onzekerheden over toekomstig gebruik van elementen, maar ook in de winbaarheid en leveringszekerheid. In deze tabel is de grootste gemene deler van verschillende bronnen weergegeven



1	Ce 13	Pr 19	Nd 18	Pm	Sm 59	Eu 395	Gd 47	Tb 297	Dy 60	Ho 226	Er 49	Tm 649	Yb 125	Lu 896
2	Th 75	Pa	U 91	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

- 1 ► 35 100 kg CO<sub>2</sub>-eq kg<sup>-1</sup>
- 2 ► 12 500 kg CO<sub>2</sub>-eq kg<sup>-1</sup>
- 3 ► 5710 kg CO<sub>2</sub>-eq kg<sup>-1</sup>
- 4 ► 8860 kg CO<sub>2</sub>-eq kg<sup>-1</sup>
- 5 ► 4560 kg CO<sub>2</sub>-eq kg<sup>-1</sup>
- 6 ► 3880 kg CO<sub>2</sub>-eq kg<sup>-1</sup>
- 7 ► 2110 kg CO<sub>2</sub>-eq kg<sup>-1</sup>

■ Data afgeleid uit een metastudie naar de LCA van metalen. De impact is weergegeven in kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg productie





1	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
2	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

■ Data afgeleid uit een metastudie naar de LCA van metalen. De impact is weergegeven in kg P-equivalenten per kg productie.



<i>materiaal</i>	<i>GWP<sup>1</sup></i> kg CO <sub>2</sub> -eq kg <sup>-1</sup>	<i>ODP<sup>2</sup></i> µg R11-eq kg <sup>-1</sup>	<i>EP<sup>3</sup></i> g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq kg <sup>-1</sup>	<i>AP<sup>4</sup></i> g SO <sub>2</sub> -eq kg <sup>-1</sup>
aarden wal (van aangestapte aarde)	0,0047	1,7·10 <sup>-9</sup>	0,0037	0,016
afvoerbuys, PVC	3,1	45	1,1	9,2
baksteen, gerecycled	0,00270	1,3·10 <sup>-3</sup>	0,014	0,062
baksteen, rood dubbelgebakken	0,50	0,51	0,22	1,1
baksteen, rood enkelgebakken	0,31	0,51	0,21	1,0
beton, sterkteklasse C20/25	0,10	1,2	0,052	0,17
beton, sterkteklasse C30/37	0,13	1,5	0,063	0,20
bitumen dakleer	0,41	4,3·10 <sup>-6</sup>	0,13	1,3
cellenbetonblok, P4 0,50	0,53	4,2·10 <sup>-6</sup>	0,075	0,45
cement, Portland	0,80	0,18		
cementgebonden spaanplaat	1,4	1,3·10 <sup>-5</sup>	0,22	1,4
constructiestaal, hol	2,5	3,8·10 <sup>-3</sup>	0,537	5,59
constructiestaal, U/H-balk	1,1	2,0·10 <sup>-3</sup>	0,219	2,26
dakgoot, aluminium	3,4	1,1·10 <sup>2</sup>	1,8	19
dakgoot, polyetheen	2,4	31	0,68	8,6
dakgoot, PVC	3,2	48	1,2	9,7
dakgoot, verzinkt staal	2,6	20	0,63	6,8
dakpan, beton	0,30	0,21	0,063	0,99
dakpan, keramisch geglaazuurd	0,39	35	0,13	0,97
dakpaneel, gecoat staal	2,7	7,7·10 <sup>-2</sup>	0,68	6,2
daktegels, natuursteen	0,93	76	0,69	4,7
daktegels, rubber (90% gerecyclede banden)	3,1	35	1,1	1,2
dampremmende folie (PE)	2,0	1,9·10 <sup>-5</sup>	0,61	26
draai-/kiepraam 1,23x1,48m aluminium	5,7	4,7·10 <sup>2</sup>	1,5	20
kozijn met triple glas				
draai-/kiepraam 1,23x1,48m kunststof	3,9	1,7·10 <sup>2</sup>	1,2	4,4
kozijn met dubbel glas				
EPDM folie	4,3	2,6·10 <sup>-5</sup>	0,60	4,1
Foamglas (cellulair glas)	1,5	2,3·10 <sup>-2</sup>	0,39	3,2
gasbetonblokken	0,24	2,5·10 <sup>-3</sup>	0,037	0,34
gipsplaat	0,21	2,3·10 <sup>-2</sup>	0,084	0,36
gipsvezelplaat (papier)	0,077	2,0·10 <sup>-3</sup>	0,020	0,12
glaspaneel, dubbel glas	1,8	9,1·10 <sup>-6</sup>	1,4	7,1
glaspaneel, triple glas	1,9	1,1·10 <sup>-5</sup>	1,5	7,5
glaswol	1,3	68	4,8	26
Glulam (lijmhout)	-1,2	28	0,36	1,1
hennepisolatie (met 15% polyester)	0,50	4,3·10 <sup>-5</sup>	1,8	3,4
hout, constructie/bouw	-1,5	20	0,13	0,53
hout, eiken	-1,5	4,9·10 <sup>-6</sup>	0,12	0,50
hout, geïmpregneerd naaldhout	-1,2	45	0,65	2,1
hout, naaldboom	-1,7	2,2·10 <sup>-5</sup>	0,041	0,17
houtvezel isolatieplaat (droog proces)	-1,1	5,0	0,44	1,9
houtvezel isolatieplaat (nat proces)	-1,1	1,4·10 <sup>-5</sup>	0,15	0,77
kalkzandsteen	0,14	1,5·10 <sup>-3</sup>	0,017	0,089
kleisteen, ongebakken	0,039	1,8·10 <sup>-7</sup>	0,0040	0,023
kozijn 3,3x1,50 m, Afrikaans hardhout	1,0	87	0,83	4,2
kozijn 3,3x1,50 m, Europees zachthout	0,97	62	0,55	2,6
kozijn 3,3x1,50 m, meranti	1,2	79	1,3	8,1
kruislaaghout	-1,4	9,0	0,47	0,70
leiding, koper	1,8	1,5·10 <sup>2</sup>	37	48
leiding, polybuteen voor vloerverwarming	4,2	1,9	1,1	21
leistein	0,50	7,4·10 <sup>-6</sup>	0,67	2,9

<i>materiaal</i>	<i>GWP<sup>1</sup></i> kg CO <sub>2</sub> -eq kg <sup>-1</sup>	<i>ODP<sup>2</sup></i> μg R11-eq kg <sup>-1</sup>	<i>EP<sup>3</sup></i> g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq kg <sup>-1</sup>	<i>AP<sup>4</sup></i> g SO <sub>2</sub> -eq kg <sup>-1</sup>
lichtgewicht beton, elementen	0,23	0,14	0,045	0,33
Marmoleum (2 mm dik)	0,070	4,5	2,4	10
mdf	-0,93	8,1·10 <sup>-3</sup>	0,67	1,8
metselspecie	0,29	11	0,11	0,85
multiplex	-1,4	11	0,17	1,5
muurverf	2,0	2,3·10 <sup>2</sup>	1,8	14
onderdakfolie (PP)	2,7	1,5·10 <sup>-5</sup>	0,85	4,9
papierwol (cellulose-isolatie)	0,15	13	0,54	0,96
parketvloer, 14 mm	-0,95	84	0,84	3,2
perliet isolatiekorrels	0,52	1,2·10 <sup>-6</sup>	0,099	0,53
piepschuim/EPS (expanded polystyrene)	4,9	1,2·10 <sup>2</sup>	1,5	17
PIR isolatie	3,1	5,3·10 <sup>3</sup>	0,88	5,8
plaat, aluminium	11	4,4·10 <sup>-5</sup>	2,4	32
plaat, koper	1,5	2,3·10 <sup>-3</sup>	0,38	3,8
pleisterwerk, kalkstuc	0,96	50	0,12	0,89
pleisterwerk, leemstuc	0,034	3,9	0,027	0,22
polyurethaanschuim isolatie (PUR)	3,7	5,9·10 <sup>3</sup>	1,24	7,7
schuimbetonblokken	0,48	6,8·10 <sup>3</sup>	0,075	0,58
steenstrip	0,29	1,7·10 <sup>-6</sup>	0,047	0,25
steenwol	1,5	2,2·10 <sup>-5</sup>	0,98	6,9
stro	-1,3	3,2	1,0	0,93
tegels, geglazuurd steen	0,31	2,5·10 <sup>-6</sup>	0,060	0,31
tegels, keramisch geglazuurd	0,49	60	0,44	3,7
vezelcementplaten (gevelbedekking)	0,54	1,2·10 <sup>-3</sup>	0,16	1,1
vloer, PVC	2,5	0,21	0,64	3,4
vloer, rubber	2,3	2,7·10 <sup>-3</sup>	2,8	14
xps-isolatie (extruded polystyrene)	10	1,8·10 <sup>4</sup>	1,8	17

1 ► GWP = Global Warming Potential (mogelijke bijdrage aan de opwarming van de aarde)

2 ► ODP = Ozone Depletion Potential (mogelijke bijdrage aan verdwijnen van de ozonlaag)

3 ► EP = Eutrophication Potential (mogelijke bijdrage aan eutrofiëring)

4 ► AP = Acidification Potential (mogelijke bijdrage aan verzuring)

■ De gegeven impactwaardes zijn die van 'cradle to gate'.

## A

$\alpha$ -helix	67H2	– dipoolmoment	55A
aanvaardbare dagelijkse inname	95	– IUPAC-naamgeving	66G
aanvullende grootheden SI	3	– kookpunt	42A
aardbevingen, sterkte van	30A	– smeltpunt	42A
aarde, atmosfeer	30E, 30F, 34	– vormingswarmte	57A
aarde, gegevens over de	30, 31	antibioticum	94D
aardgas	12, 28B	anticodon	71E, 71K2
aardkorst, samenstelling van de	34, 40B	antideeltjes	26
absolute entropie	63	antiferromagnetisme	16B
absorptie		antisense	71E
– -coëfficiënt geluid	15B	antistoffen	84K
– -gebied IR	39C	aorta	84A, 84B, 84C, 84D, 85A
– licht in zeewater	28C	apoptose	71L
– -spectra fotopigmenten	72	atmosfeer aarde	30E, 30F, 34
– stralings- in de atmosfeer	30E	atmosfeer planeet	31
– -top	39A	atoomafstand, zie bindingslengte	
abundantie, zie samenstelling	25A, 34, 40B	atoomeconomie	37H, 97A
accomoderen	27A1	atoommassa	25A, 40B
acetylcholine, aanmaak en afbraak	88H, 88I	atoommassa, relatieve	40A, 99
achtervoegsel, karakteristieke groep	66D	atoomnummer	25, 40A, 99
actiepotentiaal	88F, 88G	atoomstraal	7A, 40A
actine	90C	ATP	67L, 68, 69, 90A
activeringsenergie	37A	autonoom zenuwstelsel	88L
additie, elektrofiële	54F	autoprotolyseconstante, zie ionisatieconstante	
additieven macromoleculaire materialen	67A3	axon	88A, 88G, 88J
adem			
– -bewegingen	83B	bacterie	78, 79A, 92A
– -haling	83	bacterie, bouw	79A
– -halingsketen	68D	balmerreeks	21A
– samenstelling	83C	bandafstand bij halfgeleiders	16C
ADH	85D, 89A, 89C	bandenpatroon	70C
ADH-waarden	82A	baryonen	26
ADI-waarden	82A, 95	baseconstante	38A, 49
adrenaline	88I, 89A	basenkoppels	71B
afgeleide van een functie	36F	basen	49
afmetingen	100	basisgrootheden	3A
afstamming	92A	Beaufort, schaal van	30C
afstand	100	bedekkingsgraad van de lucht	30D
– exoplaneten	32G	beeldvorming, medische	29
– manen tot planeet	31	been, houdingreflex	88K
– planeten tot zon	31	beenweefsel	80C
– sterren	32B	houdingreflex	80C
afweer	84J, 84K	bëtastraling	25, 27D
akoestische schaal voor de mens	15D	bevruchting en ontwikkeling embryo	86E
alcohol, verzadigingsdrukken	13B	beweging en coördinatie	90
alcoholische gisting	68A, 68B	big bang	32H, 100
aldosteron	85D, 89A	bijtende stoffen	96
alfabet, Grieks	1	binding, chemische	39C, 53, 58
alfastraling	25, 27D	binding, $\sigma$ - en $\pi$ -binding	23
allel, verdeling in een populatie	93D3	bindings-	
allergische reacties	84M	– -energie	58
alliages	9	– -hoeken	53B
allotropie bij koolstof	67E	– -lengten	53A
alvleesklier	82C, 82E, 88L, 89A	bindweefsel	80C
aminozuren	67H, 71G	binomiaalcoëfficiënt	36I
anatomie hersenen	88C	biochemie	67
anatomie van de plant en haar voeding	91	biofysica	27
anorganische verbindingen		biologie en milieu	95
– absolute entropie	63B	biologische afmetingen	100



biomassa	38B, 93E2
blad	91A
– -pigmenten	73
bloed	74, 83, 84
– en bloedsomloop	84
– gassen in het	83C
– samenstelling	84H, 85B
bloedcellen, ontwikkeling	84I
bloeddruk	84D, 84E, 85D
bloedplasma	85B
bloedsomloop	84A
– foetale	84B
bloedstolling	84O
bloedvaten	84C
bloedverdeling in organen	84F
bodemorganismen	93E4, 93E5
botten	90D
bouw	
– en structuur van de materie	26
– longen	83A
bouwelementen	28D
bouwmaterialen	10B, 28E, 97H
brandbare stoffen	28B, 96
bravaisroosters	67D2
brekingsindex	18
butaan, verzadigingsdrukken	13B

CO <sub>2</sub> , verzadigingsdrukken	13B
code, genetische	71G, 71J
coderende streng	71E
codering, materialen	66E2
codon	71E
complexe ionen, dissociatieconstante van	47
composieten	10B
concentratie	37G, 38A
concentratiebreuk	37B
concentratieveranderingen in een niereenheid (nefron)	85C
condensator	17A, 17B
constante van Avogadro	7A, 38A
constanten in het SI	7A
constanten, belangrijke	7A
constructiematerialen	10B
consument	93B, 93G
contaminanten, ADI-waarde	95B
coördinatie	90
copolymeren	66F, 67A2
creatinefosfaat	90A
crisprcas	71M2
crossing over	76B2
cuticula	91A
C <sub>w</sub> -waarde	28A
cytoskelet	79D

calorie, zie joule	5
calvincyclus	69A, 69C
cambium	81B2, 91C
capping	71G
cardiogram	84D
cas(pase)	71M
cel	78, 79
– hormonen in	89B
– organellen	79D
celcyclus	76A
celdeling	76
cellulaire immuniteit	84L
celmembraan	79D
centrale groeue	88C2
centriole	76B, 79B
chemicaliën	
– eigenschappen	65
– gevaarlijke	96A
– gevaarsymbolen	96B
– kleuren	65B
chemie en milieu	64
chemische stoffen, kleuren	65
chemische stoffen, naamgeving	66
chemosynthese	69D
chiasma opticum	87C
chloridehoudend water, zuurstof in	44B
chlorofyl	72
chromatografie	37F, 73
chromosomen	70, 76
cirkel	36B, 36E
citroenzuurcyclus	68C
clusters van sterrenstelsels	32F
CO <sub>2</sub> -uitwisseling	83C, 83E

Δ-waarden NMR	39B
dampen	12
darm	82C
darmvlok	82C
decibel	15D
deelweefsel	81B
dekweefsel	80B, 81A
dendriet	88A
dendritische cel	84L1,2
depolarisatie	88F
detritus	93E
diamagnetisme	16B
dichtheid	
– alliages	9
– atmosfeer	30F
– elementen	40A
– formules	35C1, 37G
– gassen en dampen	12
– metalen	8
– oplossingen	43
– planeten	31
– vaste stoffen	8, 9, 10
– vloeistoffen	11
– zon	32C
diëlektrische constanten, relatieve	16A
dierenrijk	78
dierlijke cel	79C
– weefsels	80
diersoorten	92
differentiëren	36F
digitale schakelingen	17C
dipoolmoment	55

dissimilatie	68, 90A	– -concentratie	21D, 30F
– eiwitten, koolhydraten en vetten	68E	– -configuratie	23, 99
dissociatieconstanten	47	– -dichtheid	21D, 30F
diversiteit planten en dieren	92	elektrotechniek	
DNA	70, 71	– kleurcodes	17A
– codons	71E, 71K	– symbolen	17B
– -molecuul	71C	elementaire deeltjes	26
– -reparatie	71I	elementen	
– -streng	71	– absolute entropie	63A
– -techniek, gebruik plasmiden	71M	– gegevens	40A, 99
– -virus	77B, 77D	– herkomst	40B
donkerreactie fotosynthese	69C	– in de aardkorst	34
doorlatingsgebied atmosfeer	30E, 30F	– in de atmosfeer	34
doorlatingsgebied materialen	18A	– in de zon	34
dosismeters radioactiviteit	27D	– in het heelal	34
dragermoleculen	67L	– mens	34
drempelpotentiaal	88F	– naamgeving	40A
drempelwaarde radioactiviteit	27D	– natuurlijk voorkomen	34, 40B
droge massa	64A	– ontdekking	40B
druk		– schaarste	97B
– atmosfeer	30F	– symbool	40A, 99
– bloed-	84E	eliminatiereactie	54D, 54E
– damp-	13, 14	embryo	86E
– kritieke	12, 13, 14	endosymbiosetheorie	94C
druksterkte	10B	endotheel	84C
dubbele helix	70A	energie	
dwerfplaneten	31	– bindings-	58
		– -dragers	67L
		– in ecosysteem	93A
		– hydratatie-	61
		– ionisatie-	21C, 62A
		– radioactiviteit	25A
		– rooster-	60
		– -schaal	6D
		– verval deeltjes	25A
		energiebronnen spier	90A
		energieniveaus heliumatoom	21B
		energieniveaus waterstofatoom	21A
		energiestroom in ecosysteem	93A
		enthalpie	56, 57, 59
		entropie, absolute	63
		E-nummers	82B
		enzymatische reactie	37A
		enzymen spijsvertering	82E
		epidermis, zie opperhuid	
		erkende eenheden	3, 4, 5
		ertsen	40B
		ether, verzadigingsdrukken	13B
		eutrofiëring	97F
		evenredig zwevende stemming	15C
		evenwicht, chemisch	37B
		evenwichts-	
		– constante	37, 38A, 49, 50, 51
		– orgaan	87D
		– reactie	47, 48
		– voorwaarde	37B
		evolutie	94
		excitatie	88G, 88I
		exocytose	79D
		exon	71H
		exoplaneten	32G
ECG	84D		
ecliptica, helling t.o.v.	31		
ecologie	93		
ecosysteem	93B		
EDTA-complexen	47		
eenheden	3, 4, 5		
– definities	3		
– SI-	3, 4		
eerste hulp	96		
E-factor	37H, 97A		
effectieve temperatuur van sterren	32B, 33		
EHBO	96		
eigenschappen van chemicaliën	65B		
eigenschappen van elementen	40A		
eilandjes van Langerhans	89A		
eilandtheorie	93C		
eiwitsynthese	71H, 71J		
eiwitten	67H, 71E		
elasticiteitsmodulus	8, 9, 10A, 10B		
elastomeer	67A2		
elektriciteit	16		
elektrocardiogram	84D		
elektrochemie	37D		
elektrodepotentiaal, standaard-	48		
elektrofile additie	54F		
elektrofile aromatische substitutie	54C		
elektromagnetisch spectrum	19A, 19B		
elektronegativiteit	40A		
elektronen	7, 26		
– -affiniteit	62B		
– -beweeglijkheid	16C		

## E

exosfeer	30F, 34
explosieve stoffen	96
exponent	36D
extinctie	37E, 38A, 39A
extinctiecoëfficiënt, molaire	39A

faculteit, formule voor de	36H, 36I
fagocyt	84J
ferromagnetisme	16B
fibrinogeen/fibrine	84O
Fick, wet van	83A
flagel	79A, 86A
foetale bloedsomloop	84B
follikel	86B, 86C
foon	27C
formules	
– gassen en dampen	12
– ion-	66B
– molecuul-	12, 40A, 66B
– natuurkunde-	35
– scheikunde-	37
– wiskunde-	36
fosfolipiden	67G3
fosforylering, oxidatieve	68D
fossiele vondsten	94B
foto-elektrisch effect	24
foton	26B
fotopigmenten	67I, 72
fotosynthese	69
fotosystemen	69
fraunhoferlijnen	20
freonen	66A
frequentie	
– elektromagnetische straling	19A, 19B
– toonhoogten geluid	15C
– zichtbaar licht	19A, 20
fronten	30D
fysica en milieu	28
fysiologie hart	84D
fysische constanten	7
fysische informatica	17C

gal	82D
gammastraling	19B, 25A, 27D, 28F, 29
gap-energie	16C
gasconstante	7A, 38A
gasreacties, evenwichtsconstante van	51
gassen en dampen	
– gegevens van	12
– in lucht en bloed	83C
– oplosbaarheid	44
gatenbeweeglijkheid	16C
geel lichaam (corpus luteum)	86C, 86D
gehalte-aanduidingen	37G
gehoor	27C, 87D
– -gevoeligheid	27C
– -grenzen	15D, 27C
– -orgaan	87D

– -verlies	27C2
geleidbaarheid, molaire ion-	41
geleiding $K^+$ en $Na^+$ door membraan	88F
geluid	15
– absorptie van	15B
– geluidsdruk-niveau	15D
– geluidsintensiteit	15D
– geluidsterkte	15D
– muziek	15C
– voortplantingssnelheden	15A
generatie van elementaire deeltjes	26A
genetische code	71G, 71I
genlocaties, mens	70D
genotype	93D
gentechnologie	71M
geologische tijdrekening	94A
geslachtsorganen	86
– man	86A
– vrouw	86B
gevaaraanduidingen (H en P-zinnen)	96E
gevaarlijke chemicaliën	96A, 96B
gevaarsymbolen	96B
gevarenklassen in GHS	96B
gevoeligheid menselijk oog	27A
gevoeligheid menselijk oor	27C
gewricht	90D
gezondheidseffecten	
– productie van metalen	97G
– radioactiviteit	27D1
GHS-systeem veiligheid	96E
gibbsenergie	37C
giftige stoffen	96
gisting	68B
globally harmonized system	96B, 96E
glomerulus	85A
glucose	67F1, 68A, 68B, 69C1, 75
gluon	26B
glycolyse	68A, 68B
golffunctie	23
golflengte	
– absorptietoppen	39C, 72
– elektromagnetische straling	19B, 30E
– foto-elektrisch effect	24
– spectraallijnen	20
– zichtbaar licht	19A, 20
goniometrie	36G
grafische symbolen, zie symbolen	
grafische verbanden	36A
gravitatieversnelling	7A, 30B, 31, 32C
graviton	26B
grens	
– -frequentie	24
– -golflengte	24
– -hoek	18A, 18B
– -waarde	96A
Grieks alfabet	1
groeifuncties	36I, 93D1
groene chemie	37H, 97
groepsfrequentie infrarood	39C
grondeenheden SI	3
grootheden en eenheden in het SI	3, 4



**H**

H- en P-zinnen	96E
haar	87A
hadronen	26C
halfgeleiders	16C
halfreacties	48
halfwaardetijd	25A, 26C
halveringsdikte	28F
halveringstijd	25A, 26C
handelsoplossingen	43B
hardheidsschaal van Mohs	67C
hart	80E, 84
-fysiologie	84D
- spierweefsel	80E
heelal, voorkomen elementen	32F, 34
heem	67I
helderheid sterren	32A, 32B, 33
helling planeetbaan	31
hemoglobine (Hb)	67H, 83D, 83E
Henry, wet van	44
hersenen	88C
hersenvolume	94B
Hertzsprung-Russell-diagram	33
histon	70A
HIV-cyclus	77C
hoeveelheid stof	3, 38A
homopolymeer	67A2
hoofdreekssterren	33
hoornvlies	87C
hormonen en hun terugkoppeling	89C
hormonen mens	67K, 89A
hormoonstelsel	89
houdingreflex been	88K
HR-diagram	33
hubbleconstante	32F
huid	87A
humorale immuniteit	84L
hydratatie-energie	61
hypofyse	88C, 89A
hypothalamus	88C, 89A

Ig's immunglobulinen (A, D, E, G, M)	84K
immuniteit	84K, 84L
indeling	
- dierlijke virussen	77B
- planten- en dierenrijk	92
- zenuwstelsel	88B
indicatoren	52
industriële chemie	38B
infrarood	19B, 22, 30E, 39C, 72
- spectrometrie	39C
inhoud	36B
innervatie	88J, 88L
insuline	67K
integreren	36F
intensiteit geluid	15D
internationaal stelsel van eenheden	3
intron	71H
ionenverdeling bij rustpotentiaal	88D

ionformules	66B
iongeleidbaarheid, molaire	41
ionisatieconstante	50
ionisatie-energie	21C, 62A
ionisatiegraad	38A
ionlading	40A, 41
ionosfeer	30F, 34
ionstraal	40A
IR	19B, 22, 39C, 72
isobaren	30D
isofonendiagram, mens	27C
isolatiematerialen, warmte-	28D, 28E
iso-lettercodering chemische stoffen	66E
isotopentabel	25A
isotopenkaart	25B

J-kromme	36I, 93D1
----------	-----------

kalium- en natrium-uitwisseling	88E, 88F, 88G
kapsel van Bowman	85A, 85C
karacteristieke groep	66D
karyogram	70B
kegeltjes en staafjes	27A
kernkrachten	26B
kleur	19A, 20, 27A
- chemicaliën	65B
- -gevoeligheid	27A
- indicatoren	52
- vlam-	65A
kleurcodes elektrotechniek	17A
kleurendriehoek	27A5
klimaatverandering, impact productie van	
- metalen	97D
- bouwmaterialen	97H
kniepeesreflex	88K
KNMI, schaal van het	27B, 30C
kolenvergasser	38B3
kookpunt	11, 12, 13, 14, 40A, 42
- elementen	40A
- verbindingen	42
koolhydraten, zie sachariden	
koolstof, allotropie bij	67E
koolstofassimilatie	69A
koolstofdioxide, in de longen	83C
koolstofdioxide, verzadigingsdrukken	13B
koolstofkringloop	93F
kransslagader	84C
krebscyclus, zie citroenzuurcyclus	
kringlopen	93F, 93G
kristalstructuur	67D
kritieke druk	12, 13, 14
kritieke temperatuur	12, 13, 14
kubieke uitzettingscoëfficiënt kwik	8
kubieke uitzettingscoëfficiënt vloeistoffen	11

lading van elementaire deeltjes	26
---------------------------------	----

Lambert-Beer, wet van	37E	materiaaleigenschappen	10B
langerhanscel	87A	materialen en codering van chemische stoffen	66E
LD50	27D1, 95	materialen, impact van productie	97H
lederhuid	87A	materialen, macromoleculaire	66E, 67A
legeringen	9	materialen, nieuwe	67B
leidende streng	71D	materie, bouw en structuur van de	26
lengte	36B, 100	matrijsstreng	71E
leptonen	26A	McArthur en Wilson, eilandtheorie van	93C
lettercodering macromoleculaire materialen	66E	mediane doorsnede hersenen	88C1
leucine	71G	medische beeldvorming	29
levensduur elementaire deeltjes	26	meiose	76B
leverlobje	82D	melanocyt, zie pigmentcel	
lichaamsvloeistoffen, pH	74	melkweg	32A, 32D
licht	18, 19, 20, 21	melkzuurgisting	68B
– absorptie in water	28C	membraan	88F
– algemeen overzicht	19B	membraanreactie	69B
– zichtbaar	19A	mens	
lichtreactie fotosynthese	69B	– ademhaling	83
lichtsnelheid	7A	– bloed en bloedsomloop	83, 84
lichtsterkte sterren	32B, 33	– chromosomen	70, 76
linde	91C2	– elementsamenstelling	34
lineaire uitzettingscoëfficiënt	8, 9, 10A, 10B	– gehoor	27C, 87D
lipase	82E, 82F, 82G	– genlocaties	70D
lis van Henle	85A, 85C	– geslachtsorganen	86
lithosfeer	40B	– hart	80, 84
logaritme	36D	– hersenen	88C
lokale groep van sterrenstelsels	32E	– hormonen	67K, 89
long	83	– huid	27B, 87A
– -blaasjes	83A, 83C, 83E	– lymfevaten en lymfoïde organen	84N
– -trechtertje	83A	– mensachtigen en	94B
– -volume	83B	– nieren	85A, 85C
lucht	12, 15A, 16, 18, 28F, 34, 83C	– oog	27A, 87C
luchtweerstandcoëfficiënt	28A	– oor	27C, 87D
lymanreeks	21A	– spieren	90A, 90B, 90C
lymfevaten en lymfoïde organen	84N	– stralingsbescherming radioactiviteit	27D
lysis	84J, 84L	– uitscheiding	85
lysozym	84J	– vertering	82C
		– verteringsenzymen	82E
		– voortplanting	86
		– zenuwstelsel	88
		– zicht	27A, 87C
maagdarmkanaal	82C	menstruatiecyclus	86C
macht	36D	mesonen	26C
machten van 10	6, 100	mestcel	84M
macrofaag	84I, 84K, 84L, 84N	metalen	
macromoleculaire materialen	66E, 67A	– formules, gegevens	8, 99
– indeling	67A2	– impact productie op klimaatverandering	97D
– tijdbalk	67A1	– impact productie op menselijke gezondheid	97G
macronutrienten	91D1	– impact productie op terrestrische verzuring	97E
magnetisme	16B	– impact productie op zoetwatereutrofiëring	97F
man, geslachtsorganen	86A	– recyclepercentages	97C
manen	31	methylering	70A, 71A
Margulis, endosymbiosetheorie van	94C	micel	82G
massa		michaelis-menten-kinetiek	37A
– elementaire deeltjes	7B, 26	micronutriënten	91D2
– molaire	38A, 98	microscopisch beeld longblaasje	83A
– nucliden	25A	milieu	28, 64, 95, 96
– planeet	31	mitose	76B
– -schaal	6A	Mohs, hardheidsschaal van	67C
– sterren	32	molair(e)	
massagetal	25, 40A, 99	– extinctiecoëfficiënt	39A
massaprocent	43	– iongeleidbaarheid	41
massaspectrometrie	39D		



- massa	38A, 98
- massa's van veel gebruikte stoffen	98
- volume	7A, 37G, 38A
molariteit	38A, 43
molecuulformules van elementen,	12, 40A, 66B
gassen, stoffen	
molecuulion	39D
motoreiwit	88G
muziek	15C
myosine	90C

naamgeving chemische stoffen	66
- anorganische entiteiten	66G
- elementen	40B
- iso lettercodering	66E
- organische verbindingen	66D
NADH	67L, 68, 69
natriumionen	88E, 88F, 88G
natuurconstanten	7
natuurkundeformules	35
natuurlijk voorkomen elementen	40B
natuurlijk voorkomen isotopen	25A
navelstreng	84B, 86E
Neandertaler	94B
nefron	85C
nematode	93E4
Nernst, vergelijking van	37D
netvlies	27A, 87C
neuron	88C
neurotransmitters	88I
neutron	7, 25, 26, 27D3
niereenheid, zie nefron	
nieren	85A, 85C
niet-coderende streng	71E
nieuwe materialen	10B, 67B
NMR-spectrometrie	39B
nomenclatuur, chemische	66
normaalpotentiaal, zie standaardelektrodepotentiaal	
normen stralingsbescherming radioactiviteit	27D2
notaties, wiskundige	36I
nucleïnebasen	71A
nucleofiele substitutie	54A, 54B
nucleosoom	70A
nucliden	25
numerieke voorvoegsels	2, 66C
nutriënten	91D

oerknal	32H, 100
oestrogeen	86C, 86E, 89A
omlooptijd planeten	31
omrekeningsfactoren naar het SI	5
omslagtraject van indicatoren	52
omtrek	36B
ongelukken met chemicaliën	96
ontdekking van de elementen	40B
ontdekking van de planeten	31
ontsnappingsnelheid	31, 32C
ontwikkeling embryo	86E

onvolledige verbranding	64B
oöcyt	86D
oog	27A, 87C
- brekingsindex in het oog (mens)	18
oögenese en spermatogenese	86D
oor	27C, 87D
oplosbaarheid	44, 45, 46
- gassen in water	44A
- in verschillende oplosmiddelen	45C
- vaste stoffen in water	45
- vloeistoffen in water	45C
- zouten in water	45A, 45B
- zuurstof in chloridehoudend water	44B
oplosbaarheidsproduct	38A, 46
oplosmiddelen	45C
oplossingen	43
oppervlakte	87A, 91A, 91C
oppervlakte	36B
oppervlaktespanning	11
oppervlaktetemperatuur van planeten	31
opsonisatie	84J
orbitalen	23, 99
orde van de reactie	37A
orde van grootte	6, 100
organellen	79D
organen van de mens, zie mens	
organen, bloedverdeling	84F
organen, spijsvertering	82C
organische verbindingen	
- absolute entropie	63C
- dipoolmoment	55B
- kookpunt	42B
- naamgeving	66D
- smeltpunt	42B
- vormingswarmte	57B
orthosympatisch	88B, 88I, 88L
osmoregulatie	85D
osmotische waarde	75
osteon	80C
ovarium	86B, 86D, 89A
overgangspotentiaal	52B
overzicht dissimilatie glucose	68A
ovulatie	86C, 89A
oxidatiegetal	99
oxidatieve fosforylering	68D
oxidatoren	48
ozonlaag	30F

pancreas, zie alvleesklier	
papierchromatografie	73
paramagnetisme	16B
parasympatisch	88B, 88I, 88L
parenchym	81C, 91C2
paschenreeks	21A
PCR-methode	71M
pepsine	82E, 82F, 82G
peptidebinding	67H2, 71J
periodiek systeem van de elementen	99
- afgeronde relatieve atoommassa's	99
- atoomnummer	99

– elektronenconfiguratie	99
– oxidatiegetal	99
permeabiliteit, relatieve magnetische	16B
Petersen, schaal van	30C
pH	37I, 38A, 52A
pH-traject lichaamsvloeistoffen	74
pigmentcel	87A
pigmenten, blad-	73
pigmenten, foto-	67H2, 72
pijngrens	15D, 27C
piramide van productiviteit	93E2
placenta	84K, 86E, 89A
planckeenheden	7C
planckkrommen	22
planeten, gegevens over	31
plant	91, 92A, 92B
plantaardige cel	79B
plantaardige weefsels	81
plantenrijk	78, 92
plantenvoedingsstoffen	91D
plasma's	21D
plasmacel	84I, 84L2, 84M
plasmiden	71M, 79A
polymerase	71D, 71F
polymeren	66E, 67A
pomp, K-Na	88E
poortader	82D, 84A, 84B
poorten, digitale	17C
populaties	93C, 93D
predator-prooi relatie	93D
primer	71M
primitieve functie	36F
prion	94E
producent	93A, 93B, 93G
progesteron	86C, 86E, 89A
promotor	71F
propaan, verzadigingsdrukken	13B
prostaat	86A
proton	7B, 25, 26, 27D3, 32H

quantummechanica	23
quarks	26, 32H

raaklijn	36E
radiale snelheid sterren	32B
radioactiviteit	
– gezondheidseffecten	27D
– straling	19B, 25, 27D, 28F
– verval	25
radiogolven	19B
radiovenster	30E
rationele naam in de chemie	66
reactieconstante	37A
reactiemechanismen	54
reacties, allergische	84M
reactiesnelheid, chemische	37A
reactorchemie, symbolen	38B
recycleersymbolen	96D

recycling metalen	97C
redoxindicatoren	52B
redoxpotentiaal bij fotosynthese	69B
reducent	93A, 93G
reductoren	48
reeks	36H
regels systematische namen	66D
reine stemming	15C
rek	10B
relatieve	
– atoommassa	40A, 99
– dichtheid	38A
– dielektrische constanten	16A
– magnetische permeabiliteit	16B
rendement	35C, 37H, 97A
reparatie DNA	71I
replicatie DNA en RNA	71D
resorptie	84G
respirogram	83B
reuzen	32B, 33
Rf-waarde	37F, 73
Richter, schaal van	30A
rij	36H
rijken in de biologie, de vier -	78
rioolwaterzuivering	38B2
RNA	71C, 71K
– genetische code	71G
– soorten	71K
– t-RNA	71K
– translatie (eiwitsynthese)	71E
rode reuzen	32B, 33
röntgenstraling	19B, 28F, 29, 30F
roosterenergie	60
roosters, kristal	67D
rotatieperiode, planeten	31
rotatieperiode, zon	32C
ruggenmerg	88J
rustmassa	7B, 26
rustpotentiaal, ionenverdeling bij	88D

sachariden	67F, 82E
samenstelling, zie ook abundantie	
– aardkorst	34, 40B
– adem	83C
– alliages	9
– atmosfeer	34
– bloed	84H
– bloedplasma en urine	85B
– gassen in lucht en bloed	83C
– heeal	34
– legeringen	9
– lithosfeer	34, 40B
– menselijk lichaam	34
– natuurlijk isotopenmengsel	25A
– zeewater	64A
– zon	34
satellieten	31
schaal	6
– aardbevingen	30A
– van Beaufort	30C

- energie	6D	- massa-	39D
- hardheid	67C	- NMR-	39B
- lengte	100	- optisch	20, 21
- massa	6A	- UV-VIS	39A
- van Mohs	67C	spectrum	
- van Petersen	30C	- calcium, kalium, kwik, natrium e.a.	20
- van Richter	30A	- elektromagnetisch	19B
- temperatuur	6C	- helium	20, 21B
- tijd	6B	- sterren	32B, 33
- windsnelheden	30C	- waterstof	20, 21A
schakelingen, digitale	17C	- zichtbaar licht	19A
scheikundeformules	37	- zon	20
scheikundige stoffen: formules en namen	66	spermatocyt	86D
scheikundige symbolen	38	spermatogenese	86D
schema		spier	90
- industriële chemie	38B1	- -stelsel	90A
- kolenvergasser	38B3	- -vezels	90B
- replicatie DNA en RNA	71D	- -weefsel	80E
- rioolwaterzuivering	38B2	splicing	71
- ruggenmerg	88J	sprongpunt van supergeleiders	16C
- transcriptie	71E, 71F	staafje	27A, 87C
- translatie (eiwitsynthese)	70E	stam, verhoude	91C
schijnbare visuele helderheid	32B	stamcel	80A, 84I
schillenmodel	23, 25B	stamnaam	66D
schimmels	78, 92A	standaarddruk	7A, 38A
schorsvelden	88C	standaardelektrodepotentiaal	48
seebeckcoëfficiënt	16D	standaardmodel elementaire deeltjes	26A
sense	71E	Starling-mechanisme	84G
SI, internationaal stelsel van eenheden	3, 4	STEG-eenheid	38B3
signaaldrager	67L	stembanden	83A
sinusknoop	84D	stengel	91C
skelet	90D	sterkte	
S-kromme	36I, 93D	- aardbevingen	30A
slakkenhuis	87D	- geluid	15D
smeltpunt	8, 9, 11, 12, 40A, 42	- trek-	8, 10B
- allages	9	- wind	30C
- elementen	40A	- zonnestraling	27B
- legeringen	9	sterren, gegevens van	32A, 32B, 33
- metalen	8	sterrenbeeld	32A, 32B
- vaste stoffen	10A	sterrenkaart	32A
- verbindingen	42	steunweefsel	80C, 81D
- vloeistoffen	11	stikstofassimilatie	93G
smeltwarmte	8, 11	stikstofkringloop	93G
- metalen	8	stoffen	
snelheid		- bijtende	96
- geluid	15A	- brandbare, zie ook verbrandingswaarden	96
- sterren	32B	- chemische	66, 96
- wind	30C	- explosieve	96
somformule	36H	- gevaarlijke	96
soortelijke warmte		- giftige	96
- allages	9	- molaire massa	98
- andere vaste stoffen	10A	stolling bloed	84O
- gassen en dampen	12	stookwaarden	28B
- legeringen	9	straal	
- metalen	8	- atoom-	40A
- vloeistoffen	11	- ion-	40A
soortelijke weerstand	8, 9, 10A	- planeet	31
spectraalplaat	20	- sterren	32B
spectraaltipe van sterren	32B, 33	- vanderwaals-	40A
spectrometrie		straling, radioactiviteit	19B, 25, 27D, 28F
- formules	37E	straling, UV-index zonne-	27B
- IR-	39C	stralingsbescherming radioactiviteit	27D



stralingsintensiteit volgens Planck	22
stratosfeer	30F, 34
strottenhoofd	83A
structuur	
– biochemische stoffen	67
– chromosoom	70A
– legeringen	9
– t-RNA	71K
structuurformules	67
– nucleïnebasen	71A
subatomaire deeltjes	26
sublimatiepunt	14, 42
sublimatiewarmte	59
substraatconcentratie	37A, 82E
supergeleiders	16C
superstrings	32H
suppressor	84J, 84M, 94E
surfactant	83A
symbolen	
– eenheden	3, 4, 5, 35, 38A
– elektrotechnische	17B
– elementen	40A, 99
– gevaar-	96B
– grafische -, in de industriële chemie	38B1
– recycleer-	96D
– scheikundige	38A
– veiligheid en milieu	96
– waarschuwingborden	96C
– weerkunde	30D
synaps	88G, 88H
systematiek, biologische	92
systematische namen chemische stoffen	40A, 66D
systole	84D, 84E

telomeer	76B4
temperatuur	
– atmosfeer	30F
– kritieke	12, 13, 14
– planeten	31
– -schaal	6C
– sterren	32B, 33
temperatuurregeling	87B
template streng	71E
terpolymeer	67A2
terugkoppeling hormonen	89C
testis	86A
testosteron	89A
T-helpercel	84I, 84L
thermodynamica	35C, 37C
thermo-elektriciteit	16D
thermoharders	10B, 66E, 67A2
thermokoppel	16D
thermoplasten	10B, 66E, 67A2
thermoreceptor, zie warmtezintuig	
thymus	84I, 84N
ten, machten van	6, 100
tijd	6B, 32H, 94A
Tjeukemeer	93E1
toonladder	15C
transcriptie en translatie, DNA	71E, 71F

transcriptiefactor	71F
translatie RNA	71E, 71J
transmissie	37E
transmitters en dragers	67L, 88I
transportweefsel	81E
transuranen	25, 40, 99
treksterkte	8, 10B
tripelpunt	13, 40A
triviale naam	66A
trofisch niveau	93A2, 93E3
trofoblast	86E
trombine	84O
troposfeer	30F, 34

uitscheiding	85
uittree-energie	24
uitwisseling CO <sub>2</sub>	83E
uitwisseling K <sup>+</sup> en Na <sup>+</sup>	88F, 88G
uitzettingscoëfficiënt	
– kubieke	11
– kubieke - van kwik	8
– lineaire	8, 9
ultraviolet	19B, 22, 27B, 30E, 30F, 72
ureum	67J, 75
urine	85B
UV	19B, 22, 27B, 30E, 30F, 72
UV-index voor zonnestraling	27B
U-waarde bouwelementen	28D

vaatbundel	91C2
valentiehoek, zie bindingshoek	
vanderwaalsstraal	40A
vaste stoffen	
– gegevens van	10
– oplosbaarheid in water	45
– sublimatie- en verdampingswarmte	59
vaste-stoffysica	16C
vectorbosonen	26B
veiligheid en milieu	96
verbanden, wiskundige	36A
verbindingen	42, 66
verblijftijd in de zon	27B
verboden eenheden	5
verbranding	64B
verbrandingswarmte	28B, 56
verdampingswarmte	11, 12, 59
vergiftiging	96
verhoute stam (linde)	91C
vermenigvuldigingsfactoren	2
vertering	82
– enzymen	82E
– organen	82C
– sappen	82F
verval elementaire deeltjes	26C
verval, radioactiviteit	25
vervuilingscoëfficiënt	96F
verzadigingsdruk	13, 14
verzuring	97E

vetten	67G, 68E
vetzuren	67G, 68E
vier rijken	78
vierkantsvergelijking	36C
virus	77
– DNA-cyclus	77D
HIV-cyclus	77C
indeling	77B
– vorm	77A
viscositeit	11
visuele lichtsterkte van sterren	32B
vitamines	82A
vlamkleuringen	65A
vloeistoffen	
– gegevens van	11
– oplosbaarheid	45C
– verdampingswarmte	11, 59B
voeding	82, 95B
voedselweb	93E
volgende streng	71D
volume	36B
voorkomen in de natuur, elementen	34, 40B
voorkomen in de natuur, isotopen	25A
voortplanting van de mens	86
voortplantingssnelheid geluid	15A
voorurine	85B
voorvoegsels, karakteristieke groep	66D
voorvoegsel, numerieke	2, 66C
voorzorgsmaatregelen	96E
vormen virussen	77A
vorming weefselvloeistof	84G
vormingswarmte	38A, 57
vrouw, geslachtsorganen	86B

waarden constanten en grootheden	7
waarheidstabel	17C
waarschijnlijkheidswolk	23
waarschuwingborden	96C
warmte	
– sublimatie-	59
verbrandings-	28B, 56
– verdampings-	11, 12, 59
– vormings-	38A, 57
warmte, soortelijke	
– alliages	9
– vaste stoffen	10A
– gasen en dampen	12
– legeringen	9
metalen	8
– vloeistoffen	11
warmtegeleidingscoëfficiënt	
– alliages	9
– vaste stoffen	10A, 10B
– bouw- en isolatiematerialen	28E
– gasen en dampen	12
legeringen	9
– metalen	8
– vloeistoffen	11
warmte-isolatie	28D, 28E
warmteregulatie	87B
warmtezintuig	87A

water	
– lichtabsorptie	28C
– oplosbaarheid van gassen	44
– verzadigingsdrukken	13A
waterconstante	38A
waterdamp	13A
waterstofatoom, energieniveaus	21A
waterstofexponent	38A
waterstofspectrum	20, 21A
waterzuivering, schema	38B2
weefsels, dierlijke	80
weefsels, plantaardige	81, 91
weefselvloeistof	84G
weegfactoren radioactiviteit	27D3
weekmakers	67A4
weerkunde, symbolen	30D
weerstand, kleurcode voor	17A
weerstand, soortelijke	8, 9, 10A
weerstandstemperatuurcoëfficiënt	8, 9
wet van	
– Lambert-Beer	37E
– Fick	83A
– Hardy-Weinberg	93D3
windsnelheid	30C
windsterkte	30C
wiskundeformules	36
wisselwerkingsdeeltjes	26B
witte dwergen	32B, 33
wortel	36D, 91B
wortelformule	36C

xyleem	81E, 91
--------	---------

zeeoppervlak	30C
zeewater, absorptie licht in -	28C
zeewater, samenstelling	64A
zenuwcellen	88A
zenuwstelsel	88
zenuwstelsel, autonoom	88K
zichtbaar licht	19A
zintuigen	27A, 27C, 87
zoetwatereutrofiëring	97F
zon	32C
zonneconstante	32C
zonnestelsel	31
zonnestraling, sterkte van	27B
zouten, oplosbaarheid in water	45A, B
zuur- en baseconstanten	38A, 49
zuur-base-indicatoren	52A
zuurstof	
– in het bloed	83D
– in chloridehoudend water	44B
– in de longen	83C
zuurstofverzadiging	83D
zuurtegraad	37I, 38A
zwaartekracht	26B, 30B
zwangerschap	86E, 96
zwarte straler	22



in g mol<sup>-1</sup>

AgBr	187,77
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	275,75
AgCl	143,32
AgI	234,77
AgNO <sub>3</sub>	169,87
Ag <sub>2</sub> O	231,74
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	418,58
Ag <sub>2</sub> S	247,80
AlCl <sub>3</sub>	133,34
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	213,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,96
Al(OH) <sub>3</sub>	78,004
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	342,15
BaCO <sub>3</sub>	197,34
BaCl <sub>2</sub>	208,23
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	261,34
BaO	153,33
Ba(OH) <sub>2</sub>	171,34
BaSO <sub>4</sub>	233,39
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,114
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180,16
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	342,30
CaC <sub>2</sub>	64,100
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	128,10
CaCO <sub>3</sub>	100,09
CaCl <sub>2</sub>	110,98
CaF <sub>2</sub>	78,075
CaO	56,077
Ca(OH) <sub>2</sub>	74,093
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	310,18
Ca <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	504,30
CaSO <sub>4</sub>	136,14
CH <sub>3</sub> COOH	60,053
CH <sub>4</sub>	16,043
CH <sub>3</sub> OH	32,042
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	46,069
CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	58,080
CH <sub>3</sub> COONa	82,034
CO	28,010
CO <sub>2</sub>	44,010
CoCl <sub>2</sub>	129,84
CS <sub>2</sub>	76,141

CuCl <sub>2</sub>	134,45
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	187,56
CuO	79,545
CuS	95,611
CuSO <sub>4</sub>	159,61
FeC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	143,86
FeCl <sub>2</sub>	126,75
FeCl <sub>3</sub>	162,20
FeO	71,844
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	231,53
Fe(OH) <sub>2</sub>	89,860
Fe(OH) <sub>3</sub>	106,87
FePO <sub>4</sub>	150,82
FeS	87,910
FeS <sub>2</sub>	119,98
FeSO <sub>4</sub>	151,91
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	399,88
HBr	80,912
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	90,036
HCl	36,461
HF	20,006
HI	127,91
HNO <sub>3</sub>	63,013
H <sub>2</sub> O	18,015
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	34,015
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	97,995
H <sub>2</sub> S	34,081
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98,079
HgCl <sub>2</sub>	271,50
HgI <sub>2</sub>	454,40
Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	324,60
HgO	216,59
HgS	232,66
KBr	119,00
KCN	65,116
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	138,21
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	258,21
KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	98,143
KCl	74,551
KClO <sub>3</sub>	122,55
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	294,18

KF	58,097
K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	329,25
K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	368,34
KHCO <sub>3</sub>	100,12
KHC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	128,13
KHSO <sub>4</sub>	136,17
KI	166,00
KIO <sub>3</sub>	214,00
KMnO <sub>4</sub>	158,03
KNO <sub>2</sub>	85,104
KNO <sub>3</sub>	101,10
K <sub>2</sub> O	94,196
KOH	56,106
KSCN	97,181
K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	158,26
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174,26
MgCl <sub>2</sub>	95,211
MgN <sub>3</sub>	66,325
MgO	40,305
Mg(OH) <sub>2</sub>	58,320
MgSO <sub>4</sub>	120,37
MnO	70,937
MnO <sub>2</sub>	86,937
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	157,87
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	228,81
MnSO <sub>4</sub>	151,00
NH <sub>3</sub>	17,031
NH <sub>4</sub> Br	97,943
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	96,086
NH <sub>4</sub> Cl	53,491
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80,043
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	68,142
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132,14
N <sub>2</sub> O	44,013
NO	30,006
NO <sub>2</sub>	46,006
NaBr	102,89
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105,99
Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	134,00
NaCl	58,443
NaClO <sub>3</sub>	106,44
NaF	41,988

NaHCO <sub>3</sub>	84,007
NaH <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	82,034
NaHSO <sub>3</sub>	104,06
NaHSO <sub>4</sub>	120,06
NaI	149,89
NaNO <sub>2</sub>	68,995
NaNO <sub>3</sub>	84,995
Na <sub>2</sub> O	61,979
NaOH	39,997
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	163,94
Na <sub>2</sub> S	78,045
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	126,04
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	142,04
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	158,11
PCl <sub>3</sub>	137,33
PCl <sub>5</sub>	208,23
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	109,95
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	141,94
PbCO <sub>3</sub>	267,2
PbCl <sub>2</sub>	278,1
PbCrO <sub>4</sub>	323,2
PbI <sub>2</sub>	461,0
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	331,2
PbO	223,2
PbO <sub>2</sub>	239,2
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	685,6
PbS	239,3
PbSO <sub>4</sub>	303,3
SO <sub>2</sub>	64,064
SO <sub>3</sub>	80,063
SnCl <sub>2</sub>	189,62
SnCl <sub>4</sub>	260,52
SnI <sub>2</sub>	372,52
SnO	134,71
SnS	150,78
ZnCO <sub>3</sub>	125,39
ZnCl <sub>2</sub>	136,29
ZnO	81,38
ZnS	97,45
ZnSO <sub>4</sub>	161,44

# Periodiek systeem der elementen (met relatieve atoommassa's en elektronenconfiguraties)

groep	1	2	3	4	5	6	7	8
periode								
1	1,008 <sup>1</sup> H waterstof 1							
2	6,941 <sup>3</sup> Li lithium 2,1	9,012 <sup>4</sup> Be beryllium 2,2						
3	22,99 <sup>11</sup> Na natrium 2,8,1	24,31 <sup>12</sup> Mg magnesium 2,8,2						
4	39,10 <sup>19</sup> K kalium 2,8,8,1	40,08 <sup>20</sup> Ca calcium 8,2	44,96 <sup>21</sup> Sc scandium 9,2	47,87 <sup>22</sup> Ti titaan 10,2	50,94 <sup>23</sup> V vanadium 11,2	52,00 <sup>24</sup> Cr chromium 13,1	54,94 <sup>25</sup> Mn mangaan 13,2	55,85 <sup>26</sup> Fe ijzer 14,2
5	85,47 <sup>37</sup> Rb rubidium 2,8,18,8,1	87,62 <sup>38</sup> Sr strontium 8,2	88,91 <sup>39</sup> Y yttrium 9,2	91,22 <sup>40</sup> Zr zirkonium 10,2	92,91 <sup>41</sup> Nb niobium 12,1	95,94 <sup>42</sup> Mo molybdeen 13,1	(98) <sup>43</sup> Tc technetium 13,2	101,1 <sup>44</sup> Ru ruthenium 15,1
6	132,9 <sup>55</sup> Cs cesium 2,8,18,18,8,1	137,3 <sup>56</sup> Ba barium 18,8,2	138,9 <sup>57</sup> La lanthaan 18,9,2	178,5 <sup>72</sup> Hf hafnium 32,10,2	180,9 <sup>73</sup> Ta tantaal 32,11,2	183,8 <sup>74</sup> W wolfram 32,12,2	186,2 <sup>75</sup> Re renium 32,13,2	190,2 <sup>76</sup> Os osmium 32,14,2
7	(223) <sup>87</sup> Fr francium 2,8,18,32,18,8,1	(226) <sup>88</sup> Ra radium 18,8,2	(227) <sup>89</sup> Ac actinium 18,9,2	(267) <sup>104</sup> Rf rutherfordium 32,10,2	(268) <sup>105</sup> Db dubnium 32,11,2	(269) <sup>106</sup> Sg seaborgium 32,12,2	(270) <sup>107</sup> Bh bohrium 32,13,2	(269) <sup>108</sup> Hs hassium 32,14,2

relatieve atoommassa	oxidatie getallen
atoomnummer	Symbol
	naam
	elektronenconfiguratie

1	lanthaniden	140,1 <sup>58</sup> Ce cerium 2,8,18,19,9,2	140,9 <sup>59</sup> Pr praseodymium 21,8,2	144,2 <sup>60</sup> Nd neodymium 22,8,2	(145) <sup>61</sup> Pm promethium 23,8,2
2	actiniden	232,0 <sup>90</sup> Th thorium 2,8,18,32,18,10,2	(231) <sup>91</sup> Pa protactinium 20,9,2	238,0 <sup>92</sup> U uraan 21,9,2	(237) <sup>93</sup> Np neptunium 22,9,2

metaal

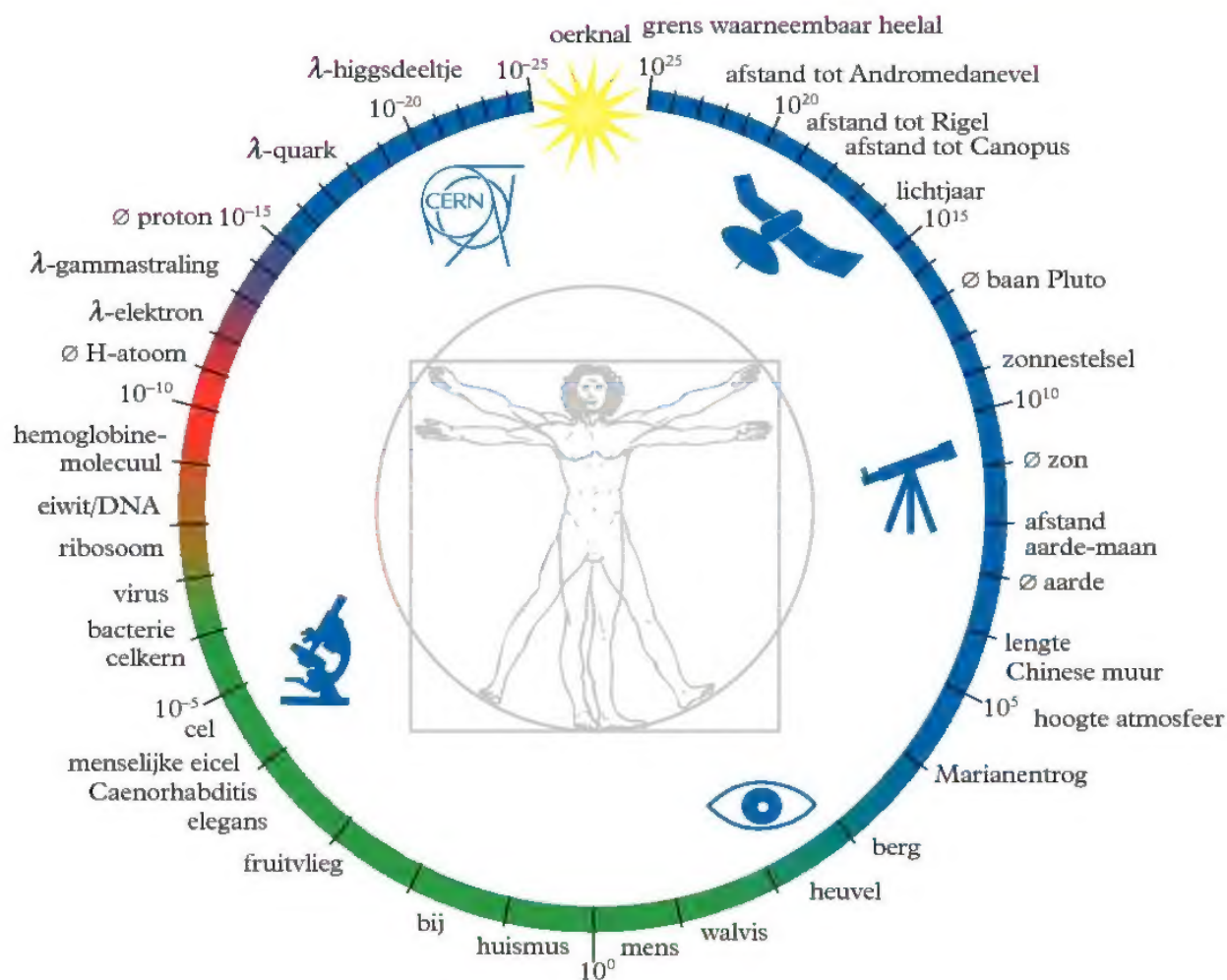
metalloïde

niet-metaal

- De relatieve atoommassa's zijn afgerond.
- Isotopen: zie tabel 25.
- Gegevens elementen: zie tabel 40.

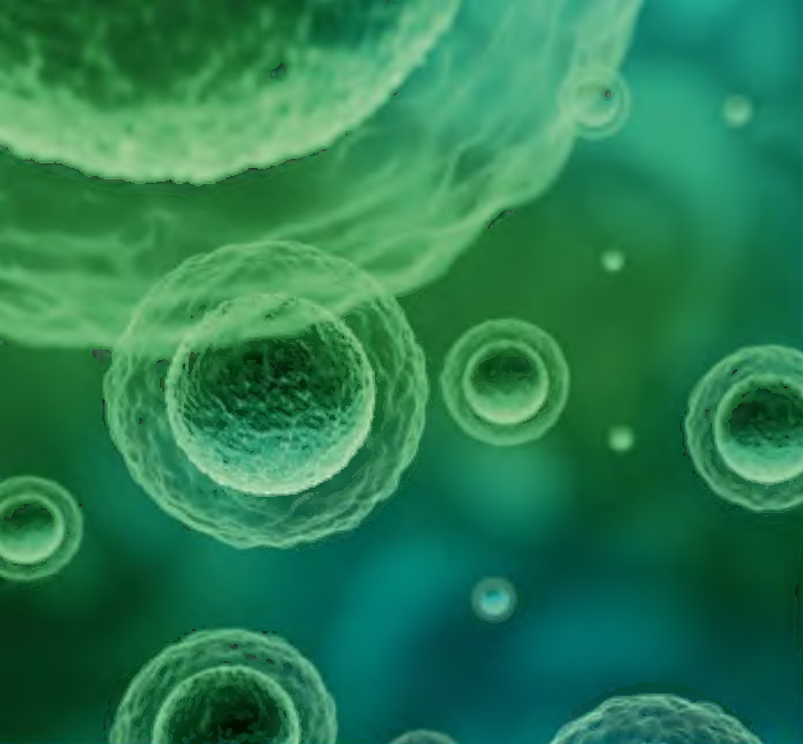
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
									4,003 2 He helium 2
				10,81 5 B boor 2,3	12,01 6 C koolstof 2,4	14,01 7 N stikstof 2,5	16,00 8 O zuurstof 2,6	19,00 9 F fluor 2,7	20,18 10 Ne neon 2,8
				26,98 13 Al aluminium 2,8,3	28,09 14 Si silicium 2,8,4	30,97 15 P fosfor 2,8,5	32,06 16 S zwavel 2,8,6	35,45 17 Cl chloor 2,8,7	39,95 18 Ar argon 2,8,8
58,93 27 Co kobalt 15,2	58,69 28 Ni nikkel 16,2	63,55 29 Cu koper 18,1	65,38 30 Zn zink 18,2	69,72 31 Ga gallium 18,3	72,64 32 Ge germanium 18,4	74,92 33 As arseen 18,5	78,96 34 Se seleen 18,6	79,90 35 Br broom 18,7	83,80 36 Kr krypton 18,8
102,9 45 Rh rhodium 16,1	106,4 46 Pd palladium 18	107,9 47 Ag zilver 18,1	112,4 48 Cd cadmium 18,2	114,8 49 In indium 18,3	118,7 50 Sn tin 18,4	121,8 51 Sb antimoon 18,5	127,6 52 Te tellaar 18,6	126,9 53 I jood 18,7	131,3 54 Xe xenon 18,8
192,2 77 Ir iridium 32,15,2	195,1 78 Pt platina 32,17,1	197,0 79 Au goud 32,18,1	200,6 80 Hg kwik 32,18,2	204,4 81 Tl thallium 32,18,3	207,2 82 Pb lood 32,18,4	209,0 83 Bi bismut 32,18,5	(209) 84 Po polonium 32,18,6	(210) 85 At astat 32,18,7	(222) 86 Rn radon 32,18,8
(278) 109 Mt meitnerium 32,15,2	(281) 110 Ds darmstadtium 32,17,1	(281) 111 Rg roentgenium 32,18,1	(285) 112 Cn copernicium 32,18,2	(286) 113 Nh nihonium 32,18,3	(289) 114 Fl flerovium 32,18,4	(288) 115 Mc moscovium 32,18,5	(293) 116 Lv livermorium 32,18,6	(294) 117 Ts tennessine 32,18,7	(294) 118 Og oganesson 32,18,8
150,4 62 Sm samarium 24,8,2	152,0 63 Eu europium 25,8,2	157,3 64 Gd gadolinium 25,9,2	158,9 65 Tb terbium 27,8,2	162,5 66 Dy dysprosium 28,8,2	164,9 67 Ho holmium 29,8,2	167,3 68 Er erbium 30,8,2	168,9 69 Tm thulium 31,8,2	173,0 70 Yb ytterbium 32,8,2	175,0 71 Lu lutetium 32,9,2
(244) 94 Pu plutonium 24,8,2	(243) 95 Am americium 25,8,2	(247) 96 Cm curium 25,9,2	(247) 97 Bk berkelium 27,8,2	(251) 98 Cf californium 28,8,2	(252) 99 Es einsteinium 29,8,2	(258) 100 Fm fermium 30,8,2	(257) 101 Md mendelevium 31,8,2	(259) 102 No nobelium 32,8,2	(262) 103 Lr lawrencium 32,9,2











Noordhoff



MIX  
Papier van  
verantwoorde herkomst  
FSC® C118189

ISBN 978-90-01-00724-9



9 789001 007249

